

**Versorgung von Extensionsfrakturen am distalen Radius  
mit der winkelstabilen Locking Compression Platte®**

**DISSERTATION**

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae  
(Dr. med.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der  
Friedrich - Schiller - Universität

von Torsten Pabst  
geboren am 02. März 1968 in Sonneberg / Thür.

Gutachter:

1. Prof. Dr. Hofmann, Jena
2. Prof. Dr. Josten, Leipzig
3. Prof. Dr. Venbrocks, Eisenberg

Tag der Verteidigung: 16.01.2007

<b>Gliederung</b>	<b>Seite</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2. Grundlagen</b>	<b>1</b>
2.1. Historie	1
2.2. Inzidenz	2
2.3. Risikofaktoren	2
2.4. Gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung	3
2.5. Anatomie	3
2.6. Unfallmechanismus	6
2.7. Begleitverletzungen	6
2.8. Folgen der Fehlheilung	7
2.9. Diagnostik	8
2.10. Klassifikationen	11
2.11. Behandlung	14
<b>3. Zielstellung</b>	<b>19</b>
<b>4. Patienten und Methode</b>	<b>19</b>
4.1. Einschlusskriterien	19
4.2. Ausschlusskriterien	19
4.3. Operation	20
4.3.1. Zeitpunkt der Operation	20
4.3.2. Implantat	21
4.3.3. Narkose / Lagerung / „Setup“	22
4.3.4. Zugang / Anatomie	23
4.3.5. Operationsablauf / Reposition	24
4.4. Postoperative Behandlung	28
4.5. Nachsorge	28
4.6. Materialentfernung	28
4.7. Nachuntersuchung	28

5.	<b>Ergebnisse</b>	33
5.1.	Alters- und Geschlechtsverteilung	35
5.2.	Unfallmechanismus	35
5.3.	Arbeits- oder Freizeitunfall	36
5.4.	Frakturdaten	36
5.4.1.	Frakturtypen	36
5.4.2.	Begleitverletzungen	38
5.4.3.	Neurologische/Gefäßkomplikationen	39
5.4.4.	Vorschaden	39
5.4.5.	Betroffene Seite/Händigkeit	40
5.5.	Behandlungsdaten	40
5.5.1.	Primäre / Sekundäre Plattenosteosynthese	40
5.5.2.	Plattenwerkstoff	41
5.5.3.	Knochen transplantation / Knochenersatz	41
5.5.4.	Behandlung der Begleitverletzungen	42
5.5.5.	Behandlung des primären Karpaltunnelsyndroms	43
5.5.6.	Stationäre Behandlung	43
5.5.7.	Dauer der postoperativen Ruhigstellung	44
5.5.8.	Nachuntersuchung	45
5.5.9.	Materialentfernung	46
5.6.	Komplikationen	47
5.7.	Klinische Ergebnisse	48
5.7.1.	Subjektive Bewertungskriterien	48
5.7.2.	Objektive Bewertungskriterien	49
5.7.3.	Bewertung nach dem klinischen Score nach Cooney und Bussey	52
5.8.	Radiologische Ergebnisse	57
5.8.1.	Korrekturverlust	57
5.8.2.	Radiologischer Score der AO-Arbeitsgruppe „Distaler Radius“ 1997	59
5.9.	DASH-Score	63

5.10.	Visuelle Analogskala (VAS)	64
6.	<b>Diskussion</b>	67
7.	<b>Schlussfolgerung</b>	79
8.	<b>Zusammenfassung</b>	81
9.	<b>Literaturverzeichnis</b>	
10.	<b>Quellenverzeichnis</b>	
11.	<b>Anhang</b>	
	Untersuchungsbogen	
	DASH-Bogen	
	Ehrenwörtliche Erklärung	
	Danksagung	
	Lebenslauf	
	Thesen	

## **1. Einleitung**

Die Fraktur des distalen Radius wird im Volksmund als „Handgelenksbruch“ bezeichnet. Dies ist zutreffend, da das distale Ende des Radius ein wichtiger Bestandteil des Handgelenkes ist, das sich aus dem radiokarpalen, dem ulnokarpalen und dem distalen radioulnaren Gelenkanteil zusammensetzt. Je nach Fraktur- und Verletzungstyp können knöcherne, knorpelige, ligamentäre, Sehnen- und/oder Gefäß-Nervenstrukturen geschädigt sein [Rikli und Regazzoni 1999].

Obwohl diese vielfältigen Verletzungsmöglichkeiten seit langer Zeit bekannt sind, ist man erst in den letzten Jahren zu einer differenzierten Analyse der einzelnen Verletzungsarten und daraus resultierend zu einer differenzierten Behandlungsplanung gekommen.

Eine Auswertung der Cochrane Database, die Studien über die aktuellen konservativen und operativen Therapiestrategien der am häufigsten vorkommenden Fraktur untersuchte, zeigte, dass es aufgrund der Heterogenität der Patienten, der Frakturformen, der Therapieoptionen, der Nachbehandlungsstrategien und der Scorings noch keine gesicherten Erfahrungen aus randomisierten Studien gibt, die eine gesicherte Therapieempfehlung für eine distale Radiusfraktur erlauben [Handoll und Madhok 2003] .

## **2. Grundlagen**

### **2.1. Historie**

Verletzungen des distalen Unterarmes und des Handgelenkes sind bekannt, solange es Menschen gibt. Die Wertung solcher Verletzungen als Handgelenksverrenkungen kann man von Hippokrates bis ins 18. Jahrhundert des letzten Jahrtausends verfolgen. Guillaume Dupuytren erkannte, dass die meisten Verletzungen des Handgelenkes nicht Verrenkungen waren, sondern Brüche am peripheren Speichenende.

Die ersten Beschreibungen einer distalen metaphysären Radiusfraktur mit dorsaler Dislokation erfolgten durch Claude Pouteau 1783 und Abraham Colles 1814 [Colles 1814]. Der Bruch der Speiche am peripheren Ende mit

beugeseitiger Abscherung wurde erstmals von Robert William Smith 1847 beschrieben [Povacs 2000].

## **2.2. Inzidenz**

Frakturen am distalen Radiusende gehören heute zu den häufigsten knöchernen Verletzungen des erwachsenen Menschen. Sie machen 10-25% aller Knochenbrüche aus. Die Inzidenz im europäischen Raum beläuft sich auf 2-3 / 1000 Erwachsene und Jahr.

Einer Untersuchung von O'Neill et al. aus Manchester zufolge erleiden jährlich 71000 erwachsene Patienten in Großbritannien eine distale Radiusfraktur. Die Inzidenz bei über 35-jährigen Frauen betrug 3,68 / 1000 Einwohner und Jahr, während 0,9 / 1000 Einwohner pro Jahr der über 35-jährigen Männer eine distale Radiusfraktur erlitten. Der Anteil von Frauen ab der peri- oder postmenopausalen Phase stieg progressiv, während der Anteil von Männern im höheren Lebensalter niedrig blieb [O'Neill et al. 2001].

Einer Studie aus Dorset, GB, zufolge stieg die Inzidenz bei Frauen von einem Ausgangspunkt von 1 / 1000 Einwohner und Jahr praemenopausal auf einen Wert von 12 / 1000 Einwohner und Jahr bei einem Lebensalter von 85 Jahren und älter. Bei Männern stieg die Frakturhäufigkeit von 1 / 1000 Einwohner und Jahr vor dem 65. Lebensjahr auf 3,3 / 1000 Einwohner und Jahr nach dem 85. Lebensjahr. Das Verhältnis Männer / Frauen betrug 1 : 3,9. Dieses Verhältnis bestätigte auch eine Erhebung von Cuenca [Cuenca et al. 2003, Thielke et al. 2003].

Andererseits findet sich in einer Untersuchung von Rikli eine typische Gruppe von aktiven jungen Menschen (20-40 Jahre), welche sich diese Verletzung im Rahmen von meist hochenergetischen Unfällen im Sport, bei der Arbeit oder im Strassenverkehr zuziehen [Rikli et al. 2003].

## **2.3. Risikofaktoren**

Das Risiko einer distalen Radiusfraktur wird bestimmt von der Aktivität des Individuums und insbesondere von der Qualität des Knochens und somit vom Grad der Ausbildung einer Osteoporose. Hieraus ist erklärbar, dass das

weibliche Geschlecht in höherem Lebensalter besonders häufig betroffen ist. Es existieren jedoch auch zirkadiane und jahreszeitliche Frakturhäufungen.

#### **2.4. Gesellschaftliche und wirtschaftliche Bedeutung**

Die vollständige Gebrauchsfähigkeit der oberen Extremität ist für fast alle beruflichen und privaten Tätigkeiten unerlässlich. Hierbei bilden Fein- und Grobmotorik der Hand, Kraft und Beweglichkeit von Oberarm, Unterarm und Hand wichtige Funktionen der Extremität. Die Hand besitzt weiterhin eine wichtige Rolle bei der Kommunikation.

Die Häufigkeit der distalen Radiusfraktur macht diese Fraktur zum sozioökonomischen Problem. Nach Wittemann et al. beträgt die Summe des Verletzungsgeldes während der Arbeitsunfähigkeit nach einer sog. „kleinen Handverletzung“, zu der die distale Radiusfraktur gezählt wird, ca. 7700 € bei einer durchschnittlichen Arbeitsunfähigkeitsdauer von 20 Wochen [Wittemann et al. 1994].

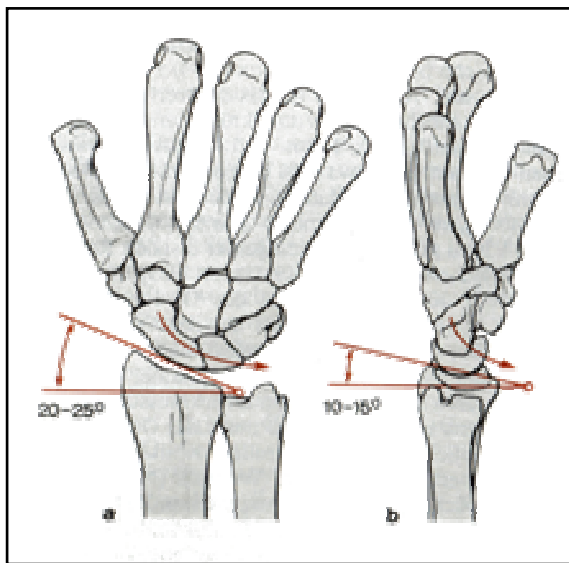
#### **2.5. Anatomie**

Das Handgelenk besteht aus zwei funktionellen Einheiten: dem radiokarpalen und dem distalen radioulnaren Gelenkkomplex. Der radiokarpale Gelenkkomplex besteht aus dem radiokarpalen und dem midkarpalen Gelenk. Während der radiokarpale Handgelenkanteil die Dorsalextension und Flexion sowie die Radial- und Ulnarabduktion ermöglicht, gestattet das distale Radioulnargelenk, das mit der Membrana interossea und dem proximalen Radioulnargelenk wiederum eine funktionelle Einheit bildet, die Unterarmumwendung im Sinne von Pro- und Supination [Oestern 1999].

Die Bewegungsausmasse des radiokarpalen Gelenkanteiles betragen hinsichtlich Dorsalextension 50° und Flexion 35°, Radialabduktion 15°, Ulnarabduktion 25°. Hinzu kommen die Bewegungsausmasse des midkarpalen Gelenkanteils (Dorsalextension 35°, Flexion 50°, Radialabduktion 10°, Ulnarabduktion 25°).

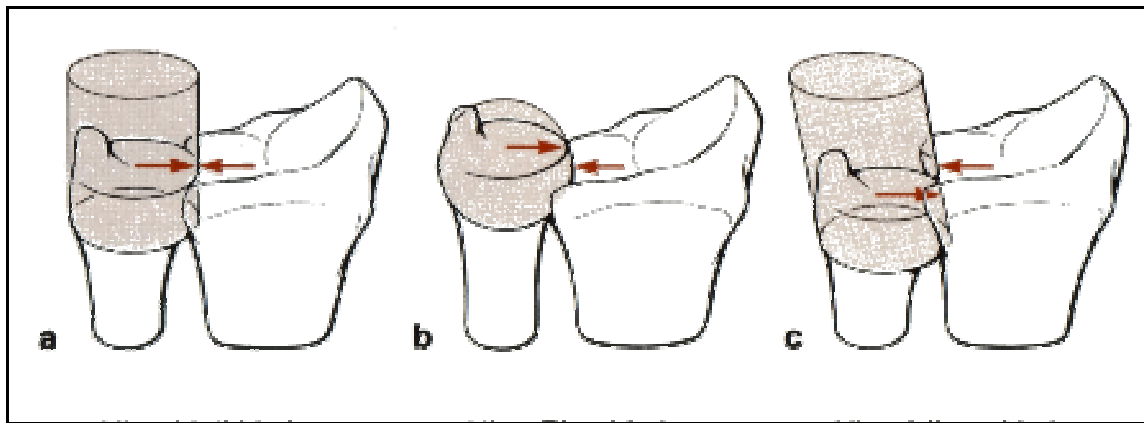


Der distale Radius ist im Querschnitt dreieckig und weist ab dem metaphysären Bereich eine Auftreibung auf. Mit seiner dreieckigen und bikonkaven Gelenkfläche steht er den konvexen Gelenkfacetten des Os scaphoideum und des Os lunatum gegenüber. Die radiale Gelenkfläche ist sowohl in der a.p.- als auch in der seitlichen Ebene geneigt. Der Neigungswinkel der radialen Gelenkfläche beträgt in der a.p.-Ansicht ca. 20-25°, in der seitlichen Ansicht ca. 10-15°. Diese anatomischen Gegebenheiten werden als „Böhler-Winkel“ bezeichnet (Abb.1).



**Abb. 1:** anatomische Neigungswinkel der radialen Gelenkfläche  
a) radioulnar  
b) dorsopalmar

Um ein Abgleiten der karpalen Strukturen nach ulnar und palmar zu vermeiden, wird das Handgelenk palmar und dorsal von intrakapsulären Bändern stabilisiert, wobei der palmare Bandapparat stärker als der dorsale ist. Besonders kräftig sind die radiokarpalen und ulnokarpalen Bänder ausgebildet. Die distale Ulna steht in der Inzisura ulnaris radii. Das Ulnaköpfchen liegt auf gleicher Höhe („Ulna-Null-Variante“), bis zu 2 mm proximal („Ulna-Minus-Variante“) oder distal („Ulna-Plus-Variante“) der ulnaren Begrenzung der radialen Gelenkfläche [Bertolini et al. 1986]. Nach Förstner ist das Ulnaköpfchen je nach Längenverhältnis zum Radius unterschiedlich geformt: Bei der Ulna-Null-Variante sind die Gelenkflächen zylindrisch, bei der Ulna-Plus-Variante kugel- und bei der Ulna-Minus-Variante kegelförmig angelegt (Abb.2) [Förstner 1987].



**Abb. 2:** Längen- und Formvarianten der distalen Ulna: a) Ulna-Null-Variante; b) Ulna-Plus-Variante; c) Ulna-Minus-Variante

Zwischen der karpalen Fläche des Ulnakopfes und dem Os lunatum und Os triquetrum besteht eine radiologisch nachweisbare Lücke, die vom Discus ulnae carpalis ausgefüllt wird. Dieser besitzt Verbindungen zum Os triquetrum, dem Os hamatum und dem Os metacarpale 5. Er ist an der Inzisur des Radius breit befestigt und besitzt an der Ulna eine doppelte Verankerung radial der Basis des Processus styloideus ulnae und an dessen Spitze. Dieser radioulnocarpale trianguläre fibrocartilaginäre Komplex (TFCC) wird durch die Sehne des M. extensor carpi ulnaris unter Spannung gehalten. Er bestimmt somit die Stabilität im ulno-carpalen und distalen radio-ulnaren Gelenk. Im zentralen Anteil ist der Diskus avaskulär.

Die A. radialis läuft am distalen Unterarm radial entlang der Sehne des M. flexor carpi radialis. Sie gibt im Bereich des Handgelenkes Äste für das Rete carpi palmare et dorsale ab, welche weiterhin aus den Aa. interossea anterior et posterior aus der A. ulnaris gespeist werden.

Der N. medianus verläuft im distalen Unterarmbereich unter der Sehne des M. palmaris longus auf dem M. flexor digitorum profundus und ulnar des M. flexor carpi radialis. Proximal des Handgelenkes entspringt der sensible R. palmaris n. medianus. Der sensible Ramus superficialis n. radialis begleitet die Sehne des M. extensor pollicis longus. Der N. interosseus posterior entspringt ebenfalls dem R. profundus n. radialis und zieht zur Streckseite des Handgelenkes [Bertolini et al. 1986].

## **2.6. Unfallmechanismus**

Häufigster Mechanismus der Entstehung einer distalen Radiusfraktur beim Adulten ist der Sturz auf die Hand. Daneben sind distale Radiusfrakturen im Rahmen von Hochrasanztraumen möglich. Der Anteil von Niedrigrasanztraumen betrug in einer retrospektiven Untersuchung von Cuenca et al. 78,2% vs. 21,8% Hochrasanzverletzungen [Cuenca et al. 2003]. Nach experimentellen Untersuchungen von Frykman kommt es beim Mann zur Fraktur bei der Einwirkung einer Kraft von durchschnittlich 282 kp (140-440 kp), bei der Frau sind 195 kp (105-320 kp) ausreichend [Frykman 1967].

Die entscheidende Bedeutung für das Muster der Verletzung besitzt die Stellung des Handgelenkes im Moment der Gewalteinwirkung. Weiterhin sind die Grösse der Gewalt und die Qualität des Knochens von Bedeutung.

Je nach Handgelenkstellung beim Sturz sind Extensionsfrakturen und Flexionsfrakturen zu unterscheiden. Die typischen Extensionsfrakturen des distalen Radiusendes entstehen bei einem Extensionswinkel von 40-90° und gleichzeitiger radialer oder ulnarer Abduktion zwischen 0 und 35°. Bei einer Extension von mehr als 90° und mehr entstehen keine Radiusbrüche mehr sondern es treten ab einem mittleren Kraftaufwand von 396 kp Luxationen oder Frakturen der Handwurzel auf. Bei einer Extension von weniger als 40° kommt es bei genügender Krafteinwirkung (ca. 120 kp) zur Fraktur im Unterarmschaft- oder Ellenbogenbereich. Bei einer Gewalteinwirkung auf das flektierte Handgelenk tritt eine palmare Abscherung der radialen Gelenkfläche ein.

Pechlaner konnte in einer experimentellen Studie mit Hilfe einer Materialprüfungsmaschine durch Dorsalextension dorsale, zentrale und palmare Bruchformen erzeugen, wobei das Ausmass des Druckes der Handwurzelknochen der proximalen Reihe gegen die radiale Gelenkfläche entscheidend war [Pechlaner et al. 2002].

## **2.7. Begleitverletzungen**

Je nach Stärke der Energie des Traumas sind Begleitverletzungen an knöchernen oder ligamentären Strukturen des Carpus oder des Unterarmes zu erwarten. So fand Pechlaner in der genannten experimentellen Untersuchung

bei 40 der 63 Präparate (63%) zumeist mehrfache Begleitverletzungen. In 23 Fällen (37%) waren keine Begleitverletzungen nachweisbar [Pechlaner et al. 2002]. Die häufigste Begleitverletzung ist der Abbruch des Proc. styloideus ulnae. Weiterhin können die intracarpalen Bänder verletzt werden, am häufigsten ist hier der scapho-lunäre Bandapparat betroffen. Verletzungen des N. medianus sind seltener. Strecksehnenrupturen, insbesondere die der Sehne des M. extensor pollicis longus, kommen vor, typischerweise verzögert durch Knochensporne am Tuberculum Listeri. Weiterhin sind begleitende Verletzungen der Sehne des M. flexor pollicis longus und des M. flexor digitorum profundus II bekannt. Gleichzeitige Frakturen der Handwurzelknochen betreffen meist das Scaphoid.

## **2.8. Folgen der Fehlheilung**

Es gibt einen klaren Zusammenhang zwischen der Wiederherstellung der anatomischen Form des distalen Radius und der Handgelenksfunktion. Die Stellung der Radiusepiphyse beeinflusst die komplexe carpale Kinematik und die Kraftübertragung auf die radiale Gelenkfläche sowie die Kongruenz im distalen Radioulnargelenk ganz entscheidend. So führt zum Beispiel bereits eine Dorsalkippung der Radiusepiphyse zu einer Inkongruenz im distalen radioulnaren Gelenk mit Verminderung der Kontaktfläche und zur Verspannung der Membrana interossea mit signifikanter Einschränkung der Pro-/Supination. Gleichzeitig folgt eine Störung der carpalen Kinematik bis zur mediocarpalen Instabilität sowie eine Verschiebung des Kraftflusses hin zum ulnokarpalen Gelenkkompartiment und eine Druckverlagerung am Radius nach dorsal bei gleichzeitiger Verschmälerung der Belastungszone. Ein chronischer Schaden des Nervus medianus ist eine weitere negative Folge [Bade und Lobeck 1991, Prommersberger und Lanz 1999]. Die Wiederherstellung der radialen Länge ist bezüglich dem funktionellen Resultat ein wichtiger prognostischer Faktor [Aro und Koivunen 1991, Kihara et al. 1995, Trumble et al. 1994]. Bei Verkürzung des Radius führt die relative Überlänge der Ulna zum Impingement zwischen ulnarem Karpus und Ulnaköpfchen mit Schädigung des TFCC.

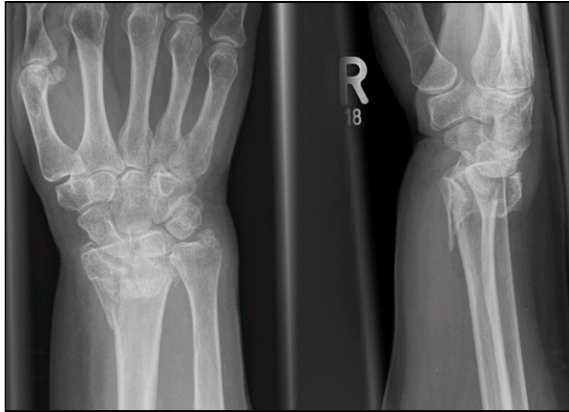
Einen wichtigen Aspekt stellt in diesem Zusammenhang auch die gestörte Sehnenfunktion dar. Bei resultierender Dorsalkippung und Radialdeviation der radialen Gelenkfläche von 10 Grad zeigte sich in einer experimentellen Untersuchung eine signifikante Funktionsstörung der Sehnen der Mm. flexor et extensor carpi radiale et ulnare [Tang et al. 1999].

Ein wichtiges Prinzip der Therapie muss daher die Wiederherstellung der extraartikulären anatomischen Verhältnisse (Winkel, radiale Länge) sein [Fernandez 2000]. Das Ausmass von intraartikulären Stufen und Diastasen hat ebenfalls einen Einfluss auf das funktionelle Resultat. Zwar werden residuelle Stufen von 1 mm mit der praktisch obligat sich entwickelnden milden bis moderaten radiokarpalen Arthrose subjektiv häufig gut ertragen [Catalano et al. 1997, Rikli und Regazzoni 1996], grössere Inkongruenzen (>2 mm) führen aber zur symptomatischen Arthrose [Knirk und Jupiter 1986]. Deshalb muss ein weiteres Prinzip der Therapie bei intraartikulären Frakturen sein, neben der Korrektur der extraartikulären Fehlstellung die intraartikulären Stufen zu beheben.

## **2.9. Diagnostik**

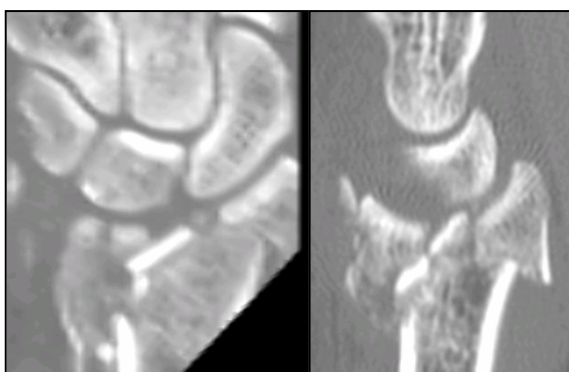
Bei der klinischen Untersuchung der distalen Radiusfraktur lässt sich neben den klassischen Frakturzeichen meist eine je nach dem Frakturmechanismus mehr oder weniger deutliche Fehlstellung des Handgelenkes nachweisen. Unerlässlich ist die Beurteilung der begleitenden Weichteilverletzungen und der neurologischen Situation der betroffenen Hand, insbesondere muss das etwaige Vorliegen einer frakturbedingten Alteration des N. medianus sicher beurteilt werden. Neben der klinischen Untersuchung besteht die Basisdiagnostik in einer nativen Röntgenuntersuchung des Handgelenkes in 2 Ebenen (Abb.3). Hierdurch sind klare Aussagen zur Abflachung des radio-ulnaren Winkels, der Kippung der Radiusgelenkfläche in dorsopalmarer Ebene und der Radiusverkürzung möglich. Es sind jedoch keine quantitativen Angaben hinsichtlich eines Torsionsfehlers des distalen Fragmentes abzuleiten. Nach Prommersberger werden die in ihrer klinischen Bedeutung nicht zu

unterschätzenden Torsionsfehler dadurch im klinischen Alltag praktisch nicht erfasst [Prommersberger und Lanz 1999].



**Abb. 3:** Standard-Nativröntgenaufnahme „Handgelenk in 2 Ebenen“ (Frakturtyp AO 23 C2)

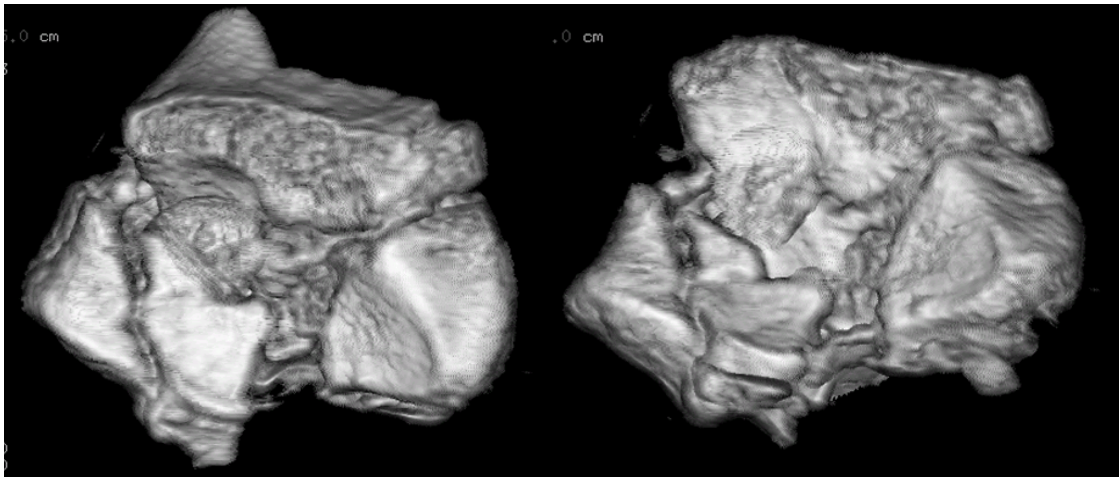
Zur exakten Beurteilung des Zerstörungsgrades der radialen Gelenkfläche ist ggf. eine CT-Untersuchung zur genauen Frakturanalyse sehr hilfreich, insbesondere bei komplexen intraartikulären knöchernen Verletzungen. Die dreidimensionale Darstellungsmöglichkeit ermöglicht eine plastische Veranschaulichung des Frakturbildes. Die CT-Diagnostik kann primär oder nach zwischenzeitlicher Stabilisierung der Fraktur z.B. in einem Fixateur externe oder Gipsverband erfolgen (Abb.4 und 5) [Rikli et al. 2003].



**Abb. 4:** CT des Handgelenkes:  
(Frakturtyp AO 23 C3)  
a) koronare Rekonstruktion  
b) sagittale Rekonstruktion

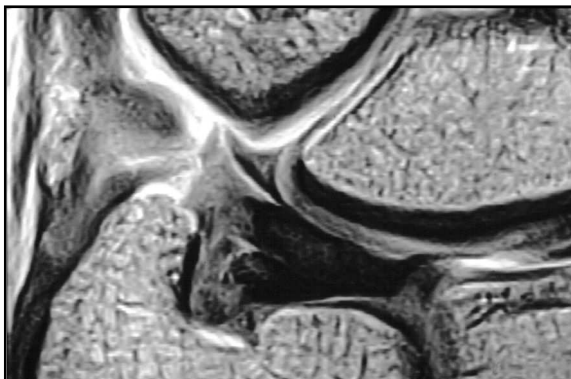
a)

b)



**Abb. 5:** dreidimensionale CT-Rekonstruktion der radialen Gelenkfläche, Blick von radial-distal (distale Radiusfraktur AO-Typ 23 C3)

Weitere nicht regelhaft zur Anwendung kommende diagnostische Instrumente stellen die Handgelenksarthrographie und die Kinematographie zum Nachweis ligamentärer Verletzungen und Instabilitäten dar, während Verletzungen des TFCC hauptsächlich sekundär im MRT diagnostiziert werden (Abb.6).



**Abb. 6:** MRT-Darstellung einer ulnarseitigen TFCC-Läsion

Die Handgelenksarthroskopie besitzt ihren Stellenwert in der Beurteilung der Knorpelschädigung, der Erhebung von Verletzungen carpalärer Bänder und als Hilfsmittel zur intraoperativen Kontrolle der Reposition von impaktierten, zentralen Gelenkflächenfragmenten [Schädel-Höpfner et al. 2001].

## 2.10. Klassifikationen

Es existiert eine Vielzahl von unterschiedlichen Klassifikationen distaler Radiusfrakturen. Von Bedeutung hierbei sind die exakte und reproduzierbare Beschreibung des Frakturverlaufes, des Dislokationsgrades, des Instabilitätsgrades. Der begleitende Weichteilschaden kann nach der Klassifikation nach Tschern und Oestern analog zu allen anderen Frakturen beschrieben werden. Die klassische Einteilung der distalen Radiusextensionsfrakturen erfolgte nach Colles [Colles 1814], die der Radiusflexionsfrakturen nach Smith. Bei Verschiebung des Carpus unter Beteiligung der radialen Gelenkfläche nach dorsal oder palmar unterscheidet man nach Barton-Typ oder Reversed-Barton-Typ.







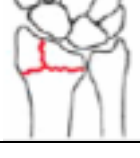
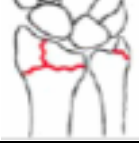
Die Beteiligung der Gelenkfläche des Radius wird z.B. in der Klassifikation nach Melone (Abb.7) gesondert beurteilt [Isani und Melone 1998, Melone 1984].

Typ 1		Keine Dislokation der Knochenfragmente
Typ 2a		Dislokation der Fragmente nach palmar, reponierbar
Typ 2b		Dislokation der Fragmente nach dorsal, nicht reponierbar
Typ 3		Dislokation der Fraktur nach dorsal, zusätzlich Aussprengung von Schaftfragmenten nach palmar
Typ 4		Komplexe Fehlstellung mit Rotation der Fragmente

**Abb. 7:** Klassifikation nach Melone (Hauptfragmente: 1 Radiuschaft; 2 Proc. styloideus radii, 3 dorsal-ulnares Fragment; 4 palmar-ulnares Fragment)








Die Frykman-Klassifikation (Abb.8) berücksichtigt auch Zusatzverletzungen im Bereich der distalen Ulna und schätzt die Gelenkbeteiligung ein [Frykman 1967].

1		Extensionsfraktur ohne Gelenkbeteiligung	2		Sh. 1 und Abriss des Proc. styloideus ulnae
3		Radiokarpale Gelenkfraktur	4		Sh. 3 und Abriss des Proc. styloideus ulnae
5		Fraktur des distalen Radioulnargelenkes	6		Sh. 5 und Abriss des Proc. styloideus ulnae
7		Fraktur des Radiocarpal- und des Radioulnargelenkes	8		Sh. 7 und Abriss des Proc. styloideus ulnae










**Abb. 8:** Klassifikation nach Frykman

Die Klassifikation nach Fernandez (Abb.9) bezieht pathophysiologische und verletzungsbedingte morphologische Charakteristika ein [Fernandez und Jupiter 1995].

1		Bieungsbruch der Metaphyse
2		Scherungsbruch der Gelenkfläche
3		Kompressionsbruch der Gelenkfläche
4		Avulsionsbruch der ligamentären Insertionsflächen
5		Kombinierte Verletzungen und Hochrasanztraumen

**Abb. 9:** Klassifikation nach Fernandez

Am gebräuchlichsten ist heute im deutschsprachigen Raum die AO-Klassifikation nach Müller 1990, die eine exakte Beurteilung und Beschreibung aller Frakturcharakteristika ermöglicht (Abb.10). Sie unterscheidet zwischen extraartikulärem (Typ A), partiell- intraartikulärem (Typ B) und intraartikulärem Frakturverlauf (Typ C) [Müller und Nazarian 1987].

23 – A Radius / Ulna distal, extra-artikuläre Fraktur					
					
A1	der Ulna, Radius intakt	A2	des Radius, einfach und impaktiert	A3	des Radius, mehrfragmentär
23 – B Radius / Ulna distal, partielle Gelenkfraktur des Radius					
					
B1	in der Sagittalebene	B2	dorsale Kante (Barton)	B3	palmare Kante (Reversed Barton)
23 – C Radius / Ulna distal, vollständige Gelenkfraktur des Radius					
					
C1	artikulär einfach, metaphysär einfach	C2	artikulär einfach, metaphysär mehrfragmentär	C3	mehrfragmentär

**Abb. 10:** AO-Klassifikation nach Müller

Entscheidend im klinischen Alltag ist weiterhin die Unterscheidung hinsichtlich der zu erwartenden primären Frakturstabilität. Jupiter, Poigenfürst und

Boszotta erarbeiteten radiologische Zeichen der Instabilität, die einen direkten Einfluss auf die Behandlungsstrategie besitzen [Schmidt et al. 2003].

## **2.11. Behandlung**

Die immer noch anzutreffende Behauptung von Abraham Colles, dass auch grobe Fehlstellungen nach distaler Radiusfraktur wenig Beschwerden verursachen und mit einer befriedigenden Funktion einhergehen, ist überholt [Colles 1814, Rikli und Babst 2003].

Über Jahrhunderte war die Behandlung der distalen Radiusfraktur eine Domäne der konservativen Therapie. Erst seit den 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden nach Einführung geeigneter Klassifikationen und Schaffung technischer Voraussetzungen differenzierte Therapiestrategien möglich, die der Heterogenität der Frakturen Rechnung tragen konnten.

Die Bandbreite der Behandlung der distalen Radiusfrakturen umfasst heute rein konservative, semi-operative und operative Therapiestrategien. Allgemein gilt: Je instabiler eine Fraktur einzuschätzen ist und je umfassender der Weichteilschaden oder die Begleitverletzungen sind, desto eher ist ein operatives Verfahren zu wählen.

### **Konservative Therapie**

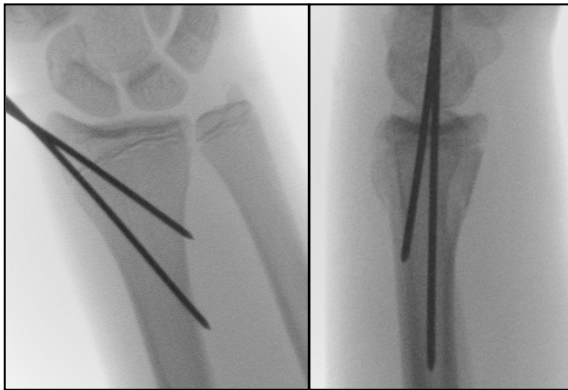
Die konservative Therapie kommt für unverschobene und stabile Frakturen in Frage, oder bei Patienten mit Kontraindikationen zur operativen Therapie.

Sollten Repositionsmanöver erforderlich sein, ist eine suffiziente Schmerzausschaltung, sei es durch Bruchspalt-, Leitungs-, Regional- oder Allgemeinanaesthesie, obligat. In der Regel wird nach Reposition der verschobenen und stabilen Fraktur unter Ausnutzung der Ligamentotaxis durch Zug und Gegenzug, dem Manöver nach Charnley oder im sog. Mädchenfänger das Repositionsergebnis in einem Gipsverband (zirkulärer, meist ulnar gespaltenen Unterarmgips oder dorso-radiale Longuette) gesichert [Charnley 1968]. Nach Böhler wird die Ruhigstellung in Neutralstellung des Handgelenkes ausgeführt [Böhler 1957]. Nach einer erfolgten Reposition erfolgt unmittelbar die radiologische Kontrolle. Nach Rückgang der

Weichteilschwellung kann der Gips in einen zirkulären Gipsverband umgewandelt werden. Unter regelmäßiger Kontrolle der Durchblutung und Nervensituation im Gips sowie unter radiologischen Verlaufskontrollen wird die Ruhigstellung für 4-5 Wochen belassen. Die Gefahr besteht bei Unterschätzen des Instabilitätsgrades einer Fraktur in der zu erwartenden Redislokation bzw. des Korrekturverlustes auch bei genauer Einhaltung der Prinzipien der konservativen Frakturbehandlung. Sollten mehrfache Repositionsmanöver erforderlich sein oder der Gipsverband zu eng angelegt sein, kann bei entsprechender Disposition des Patienten eine Algodystrophie drohen.

### **„Semioperative“ Therapie**

Hierzu zählen die verschiedenen Formen der Kirschner-Draht-Spickung. Im mitteleuropäischen Raum hat sich das von der AO vorgeschlagene perkutane Vorgehen nach Willenegger etabliert [Müller et al. 1992, Heim und Pfeiffer 1988](Abb.11), es existieren jedoch zahlreiche Modifikationen durch intrafokale Führung der Drähte [Kapandji 1976]. Meist ist eine nachfolgende Ruhigstellung im Gipsverband erforderlich. Als semioperative Therapie ist auch die Retention im Fixateur externe einzuschätzen, der das Handgelenk übergreifend oder alleinig radio-radial angelegt werden kann. Für diese Form der chirurgischen Behandlung eignen sich auch instabile Frakturen. Der Vorteil besteht in der Möglichkeit, mehrfragmentäre Frakturen nach geschlossener Reposition sicher zu retinieren. Ein etwaiger Weichteilschaden kann versorgt werden. Die Ausheilung der Fraktur kann jedoch nur unter Inkaufnahme einer mehrwöchigen Ruhigstellung erzielt werden. Ebenso besteht beim osteoporotischen Knochen oder insuffizienter technischer Ausführung das Risiko des Korrekturverlustes und der Dystrophie.



**Abb. 11:** K-Draht-Osteosynthese  
nach Empfehlung der AO  
(intraoperative BV-  
Aufnahmen in 2 Ebenen)

### **Operative Therapie**

In Kenntnis des Umstandes, dass in der Regel nicht nur die Reposition der Fraktur, sondern die exakte und sichere Retention das entscheidende therapeutische Problem darstellt, ist in den letzten Jahren ein Wandel in der Strategie der Behandlung der distalen Radiusfrakturen eingetreten [Wiemer 1999].

#### **Plattenosteosynthese von dorsal**

Biomechanisches Prinzip ist die Abstützung der metaphysären oder artikulären Kantenfragmente und die Neutralisation von Rotationskräften bei der Anwendung von interfragmentären Zugschrauben. Bedingt durch die Form der Dorsalseite des distalen Radius, die bei konventionellen Implantaten meist erforderliche Entfernung des Tuberculum Listeri und die enge Beziehung zum Strecksehnenverlauf finden sich bei Durchführung der dorsalen Plattenosteosynthese chronische Sehnenreizungen bis hin zu Sehnenrupturen. Zusätzlich sind oft durch den ausgedehnten Zugangsweg postoperative Wundheilungsstörungen zu beobachten [Siebert 1997]. Die Entfernung des Osteosynthesematerials ist obligat.

#### **Plattenosteosynthese von palmar**

Die anatomischen Bedingungen am palmarseitigen distalen Radius sind aufgrund der flachen bis leicht konkaven Fläche ideal für das Anlegen einer

Platte. Die Beugesehnen und der Nervus medianus sind durch die Muskelschicht des Musculus pronator quadratus getrennt.

Nachdem sich bei den distalen Radiusfrakturen vom Flexionstyp die offene Reposition und palmare Plattenosteosynthese im Sinne einer echten Abstützplatte mit der Möglichkeit der sofortigen funktionellen Nachbehandlung etabliert hatte, gestaltete sich dieses Vorgehen bei der weitaus häufigeren Extensionsfraktur mit den konventionellen Platten aufgrund der Gefahr der Redislokation schwierig. Eine Lösung dieses Problems wurde durch Kombination von palmarer Plattenosteosynthese mit Auffüllung des metaphysären Defektes mit kortikospongiösen Beckenkammspanen oder mit Knochenersatzmaterialien auf keramischer oder Kunststoffbasis gesucht [Zimmermann 1998]. Bei intakter palmarer Kortikalis gewann seit 1995 die alleinige palmare Plattenosteosynthese, zunächst noch mit konventionellen - nicht winkelstabilen - Platten an Bedeutung. Hier machte man sich das Zuggurtungsprinzip zu Nutzen. Dieses Verfahren kam vorzugsweise bei Frakturen mit der Möglichkeit der festen Verankerung der Schrauben in größeren Fragmenten ohne komplexe Gelenkflächenzerstörung zur Anwendung. Die Folge war gelegentlich ein dorso-axialer Korrekturverlust [Schmidt et al. 1997, Uzdil et al. 2001].

Erst durch die neue Generation der Osteosyntheseplatten mit der Möglichkeit der winkelstabilen Verankerung von Bolzen oder Schrauben gelang die erfolgreiche Retention der instabilen Extensionsfrakturen sowie komplexer Gelenkflächenfrakturen von palmar mit der Möglichkeit einer hohen Primärstabilität [Winker 2005].

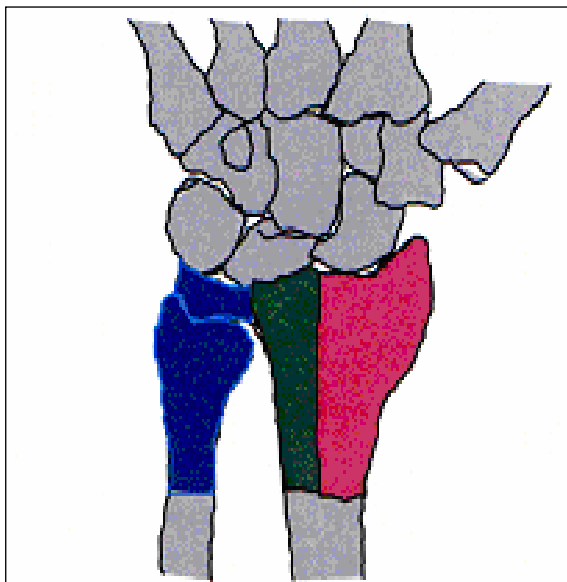
In Hinblick auf das steigende durchschnittliche Lebensalter unserer Patienten und somit dem verstärkten Auftreten der Osteopenie/Osteoporose spielen die winkelstabilen Platten einen weiteren Vorteil der höheren Primärstabilität aus: das früher oftmals nachweisbare Sintern (= dorso-palmarer und axialer Korrekturverlust) der versorgten Extensionsfraktur nach Retention mit einer palmaren – konventionellen – Plattenosteosynthese kann durch das Einbringen von winkelstabilen Schrauben bzw. Bolzen in den auch bei Osteoporose stabilsten, unmittelbar subchondralen Knochen des distalen Radiusfragmentes

vermieden werden [Uzdil et al. 2001]. Selbst bei hochgradiger Osteoporose ist hierdurch in den meisten Fällen nur eine kurzzeitige postoperative Ruhigstellung erforderlich.

### Kombinationsverfahren

Eine weitere Möglichkeit der Plattenosteosynthese orientiert sich am biomechanischen 3-Säulen-Prinzip von Rikli und Regazzoni [Rikli und Regazzoni 1997, Siebert 1997] (Abb.12). Diesem Modell liegen biomechanische Analysen der Lastverteilung am distalen Vorderarm zugrunde. Dabei wird

1. eine radiale Säule, bestehend aus dem Processus styloideus radii und der Gelenkfläche zum Kahnbein,
2. der intermediären Säule, bestehend aus dem ulnaren Anteil des Radius mit seiner Gelenkfläche zum Lunatum und zur Ulna und
3. der ulnaren Säule, bestehend aus dem Ulnakopf, dem ulnaren Anteil des distalen Radioulnargelenkes und dem sogenannten ulnocarpalen Bandkomplex mit dem Discus triangularis, seinen Bandstrukturen und der Sehne des Extensor carpi ulnaris beschrieben.



**Abb. 12:** 3-Säulen-Modell nach Rikli und Regazzoni

blau: ulnare Säule  
grün: intermediäre Säule  
rot: radiale Säule

Bei einer Fraktur des distalen Speichenendes sollen alle 3 Säulen, insofern sie betroffen und disloziert sind, eingerichtet und stabilisiert werden. Dabei wird die radiale Säule mit einer radial gelegenen Abstützplatte, die intermediäre

Säule mit einer dorso-ulnar gelegenen Platte abgestützt. Sie kontrolliert das dorso-ulnare Schlüsselfragment. Je nach dem Grad der ulnaren Instabilität muss auch die ulnare Säule stabilisiert werden, beispielsweise bei einem basisnahen dislozierten Abriss des Processus styloideus ulnae [Rikli und Regazzoni 1996, Siebert 2003].

### **3. Zielstellung**

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Möglichkeiten und Grenzen eines neuen winkelstabilen Implantates (T-LCP 3,5mm, Fa. Synthes®) zur Versorgung der distalen Radiusfraktur, insbesondere bei der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese stabiler und instabiler Extensionsfrakturen zu eruieren.

Die Ergebnisse der Behandlung sollen anhand funktioneller Scoring-Systeme und eines radiologischen Scores überprüft werden.

### **4. Patienten und Methode**

Gegenstand der vorliegenden retrospektiven Analyse waren 75 Patienten, die im Zeitraum vom 01.03.2001 bis zum 30.09.2003 eine distale Radiusextensionsfraktur erlitten hatten und in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios-Klinikum Erfurt mit einer palmaren winkelstabilen Platte (T-LCP 3,5 mm der Fa. Synthes ®) versorgt wurden.

#### **4.1. Einschlusskriterien**

Alter: ab 15 Jahre

Frakturtyp: Extensionsfraktur des distalen Radius

Implantat: winkelstabile T-LCP 3,5 mm® der Fa. Synthes, gerade oder schräge Ausführung (Abb. 17)

#### **4.2. Ausschlusskriterien**

Alter: jünger als 15 Jahre

Frakturtyp: Flexionsfrakturen des distalen Radius



Implantat: andere konventionelle oder winkelstabile Platten (dorsal oder palmar), alleinig durch Kirschnerdrahtspickung oder Fixateur externe oder Kombination dieser Therapieoptionen behandelte Frakturen

Die Auswahl des Behandlungsverfahrens und auch die Implantatwahl wurde während des Untersuchungszeitraumes nicht reglementiert oder randomisiert ausgeführt.

#### **4.3. Operation**

Alle 75 Patienten wurden nach einer einheitlichen perioperativen und operativen Strategie behandelt. Die Liste der Operateure umfasst alle Assistenzärzte, Oberärzte und den Chefarzt der Klinik. Alle betreffenden Patienten wurden stationär behandelt.

##### **4.3.1. Zeitpunkt der Operation**

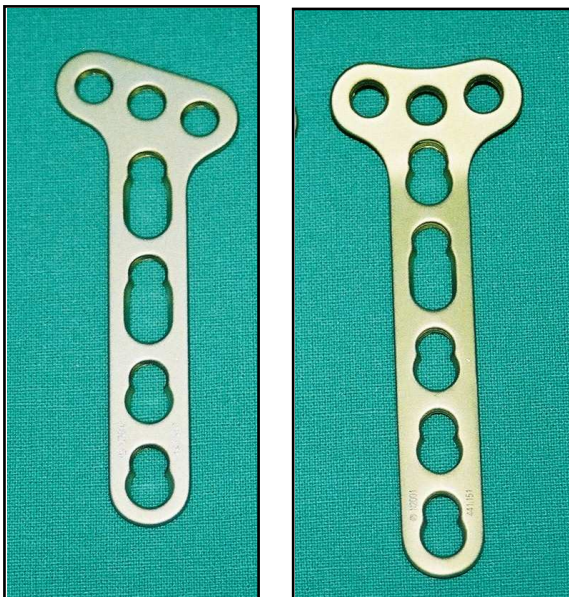
Die Plattenosteosynthese der geschlossenen distalen Radiusfraktur mit tolerabler Fehlstellung ohne neurologische Symptomatik erfolgte meist innerhalb der ersten 12 bis 24 Stunden nach dem Unfall, im Einzelfall wurde die Versorgung frühelektiv bis zum Ende der ersten Woche nach dem Unfall durchgeführt. In jedem Fall wurde die Fraktur nach schmerzlosem Aushang durch das Eigengewicht des Armes im „Mädchenfänger“ (Abb.13) ohne zusätzliches Repositionsmanöver im ulnar gespaltenen zirkulären Unterarm-Gipsverband oder alternativ dazu mit einer Gipsschiene vorübergehend ruhiggestellt und die Extremität unter analgetischer Medikation konsequent hochgelagert. Bei traumabedingter Funktionsstörung des N. medianus wurde die operative Dekompression des Nerven mit einzeitiger Versorgung der distalen Radiusfraktur sofort durchgeführt.



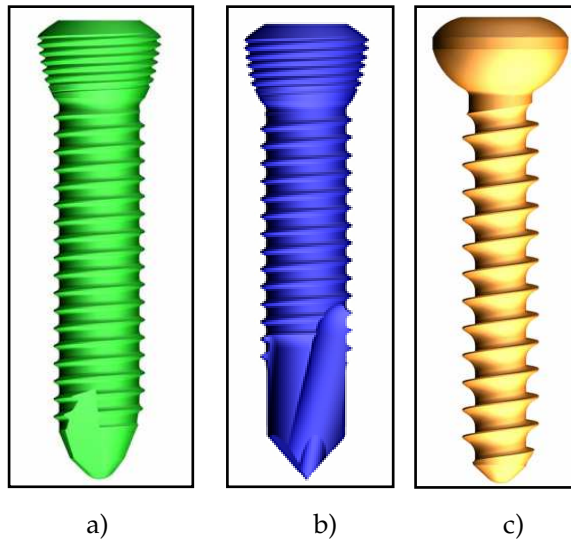
**Abb. 13:** Anlage eines zirkulären Unterarmgipsverbandes im „Mädchenfänger“

#### 4.3.2. Implantat

Bei den genannten 75 Patienten kam die T-LCP 3,5 mm in schräger oder gerader Form zum Einsatz (Abb. 14). Während die gerade T-Form eine herstellerseitige Biegung aufweist, musste die schräge Plattenvariante durch den Operateur manuell zugerichtet (gebogen) werden. Zum Einsatz kamen am proximalen Plattenteil 3,5 mm Kortikalis-Schrauben oder 3,5 mm selbstschneidende Kopfverriegelungsschrauben; am distalen Plattenschenkel wurden nur 3,5 mm selbstschneidende Kopfverriegelungsschrauben eingebracht (Abb. 15). Es wurden Implantate aus Stahl und aus Titan verwendet.



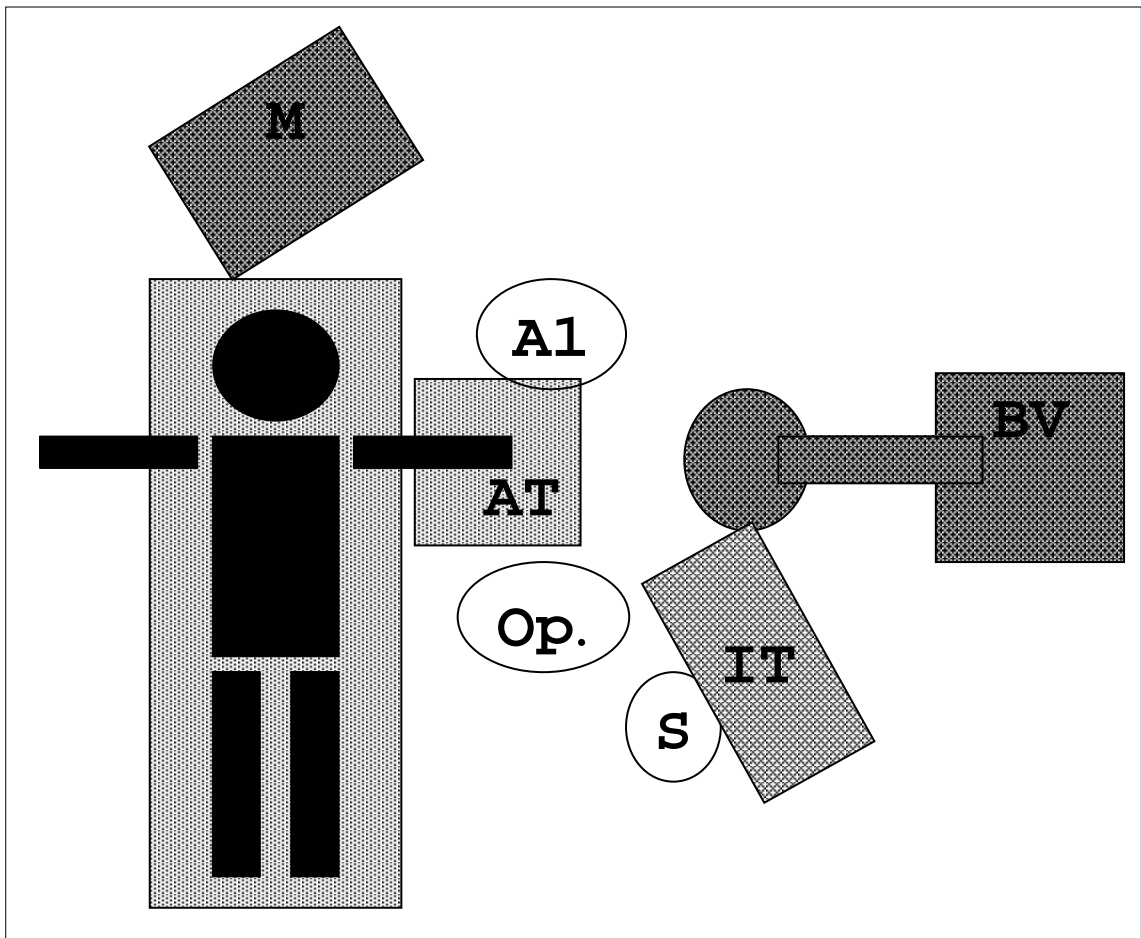
**Abb. 14:** T-LCP® 3,5 mm Titan Fa. Synthes  
Links: schräg, nicht vorgebogen  
Rechts: gerade, vorgebogen



**Abb. 15:** verwendete Schrauben:  
a) 3,5 mm Kopfverriegelungsschraube grün:  
selbstschneidend;  
b) 3,5 mm Kopfverriegelungsschraube blau:  
selbstbohrend/selbstschneidend;  
c) 3,5 mm Kortikalisschraube (konventionell)

#### 4.3.3. Narkose / Lagerung / „Setup“

Der Eingriff erfolgte stets in pneumatischer Blutsperre. Es kamen sowohl Verfahren der Regionalanaesthesie als auch die Allgemeinnarkose zum Einsatz. Die Patienten wurden auf dem Rücken mit auf dem Armtisch ausgestrecktem Arm gelagert (Abduktion im Schultergelenk 90 Grad, Supinationsstellung des Unterarmes). Der Unterarm wurde frei beweglich steril abgedeckt. Der Operateur saß stets im Winkel zwischen Körper und Arm des Patienten, der Assistent im Winkel zwischen Arm und Kopf (Abb.16). Die radiologische Kontrolle während der Operation wurde durch einen Bildverstärker gewährleistet, der von distal her über die verletzte Extremität gefahren wurde. Die Blutstillung erfolgt mit bipolarer Diathermie.



**Abb. 16:** Op.-Logistik zur Versorgung der distalen Radiusfraktur (Op.: Operateur; A1: Assistent; S: Op.-Schwester; AT: Armtisch; IT: Instrumententisch; BV: Bildverstärker; M: Monitor)

#### 4.3.4. Zugang / Anatomie

Der Eingriff wurde stets mit einem radio-palmaren Zugang zum distalen Radius radial der Sehne des M. flexor carpi radialis begonnen. Bei der geraden Hautinzision wurde das Kreuzen der Handgelenksbeugefalten vermieden. Nach Präparation durch die Fascia antebrachii in Höhe der Sehnenscheide des M. flexor carpi radialis wurden die A. radialis und durch Abschieben aller Finger-Beugesehnen nach ulnar der N. medianus inklusive des Ramus palmaris nervi mediani geschont. Der M. pronator quadratus wurde quer zur Faserrichtung im Bereich seines radialen Ansatzes durchtrennt (Abb.17). Lediglich bei Frakturen mit kleinem ulnaren Schlüsselfragment macht sich der palmare Zugang ulnar der Sehnen des M. flexor carpi radialis erforderlich.



**Abb. 17:** Radiopalmarer Zugang zum distalen Radius:

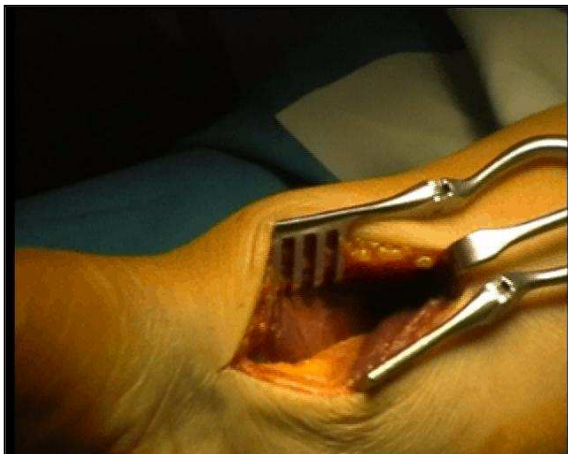
a) Hautinzision;

a)



b) Weghalten der Sehne des M. flexor carpi radialis nach ulnar;

b)



c) Darstellen und Spalten des M. pronator quadratus

c)

War die primäre Entlastung des N. medianus erforderlich, erfolgte dies über einen separaten Zugang in der Hohlhand in Mini-release-Technik.

#### **4.3.5. Operationsablauf / Reposition**

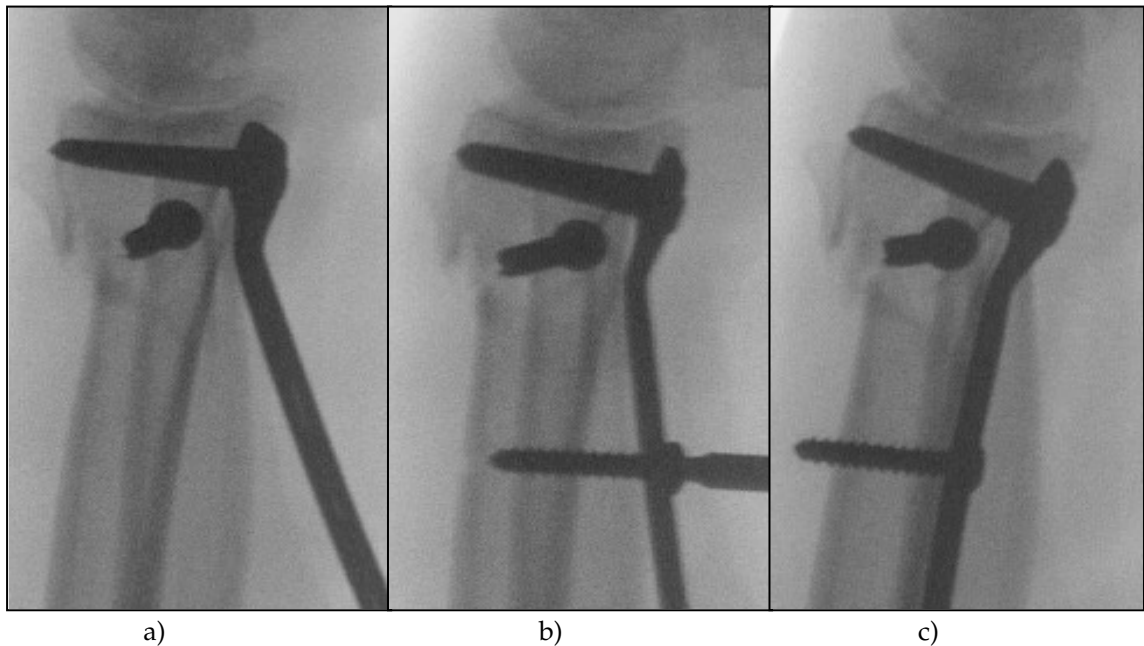
Nach Darstellen der Fraktur und Säuberung des Frakturspaltes erfolgte die Reposition auf folgende Weise:

1. Erste Reposition des epiphysären Fragmentes des distalen Radius unter Zuhilfenahme eines K-Drahtes oder eines Elevatoriums
2. winkelstabile Montage der angepassten Platte an das epiphysäre Fragment in der seitlichen Einstellung unter Bildverstärkersicht mit möglichst subchondraler Lage der Verankerungselemente in der Zone der größten Knochenfestigkeit im distalen Fragment (Abb.18)



**Abb. 18:** subchondrale Platzierung der winkelstabilen Schrauben unter radioulnarer BV-Einstellung

3. Exakte Reposition der Fraktur unter Bildverstärkerkontrolle durch Befestigen der Platte am meta- und diaphysären Fragment unter Ausnutzung des vorher festgelegten Platten-Winkels bei Traktion und Hyperflexion des Handgelenkes (Abb.19)

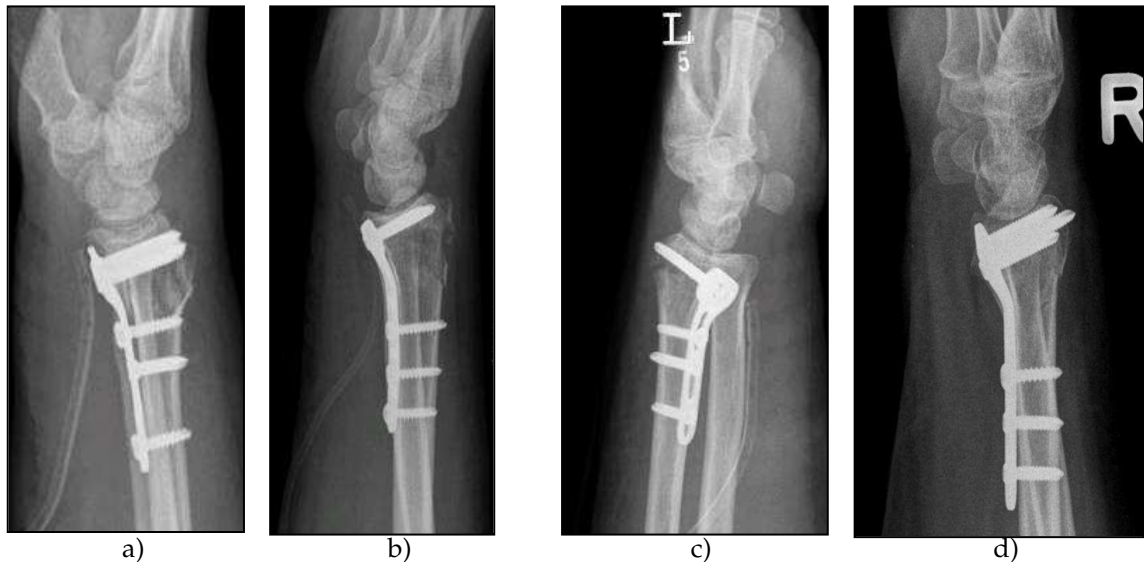


**Abb. 19:** Herstellen des korrekten dorsopalmaren Winkels durch Fixierung der Platte am Radiuschaft: a) distale winkelstabile Montage komplett, Platte vorgebogen; b) Bohren und Ansetzen der konventionellen Schraube am Plattenschaft; c) Plattenschaft am proximalen Fragment fixiert, das distale Fragment kommt hierdurch in korrekte Position

Bei der Reposition fanden die Wiederherstellung der Längenverhältnisse zwischen Radius und Ulna, der Beseitigung von Stufen in der radialen Gelenkfläche und auf den Ausgleich des Radialversatzes des distalen Fragmentes besondere Beachtung. Im Falle des Vorliegens eines ulnaren Schlüsselfragmentes wurde dieses ebenfalls über den distalen Plattenanteil oder mit einer separaten Schraube fixiert.

Die Bohrungen und die Längenauswahl der winkelstabilen Schrauben im distalen Fragment wurden exakt durchgeführt, um eine implantatbedingte Alteration des Strecksehnenapparates durch intraoperative Schädigung mit dem Bohrer oder überstehende Schraubenspitzen zu vermeiden.





**Abb. 20 :** Kontrolle der Schraubenlängen im distalen Fragment (radioulnarer Strahlengang): a + b) korrekte Schraubenlänge; c + d) Schrauben im distalen Fragment zu lang

Die Verwendung von Beckenkammpongiosa bzw. kortikospongiösen Beckenkammspänen erfolgte nur in Einzelfällen. Knochenersatzmaterialien kamen nicht zum Einsatz.

In Einzelfällen, insbesondere bei hochgradigen Instabilitäten, wurde die intraoperative Reposition durch die Anlage eines Fixateur externe unterstützt, dieser wurde in Abhängigkeit von der Knochenqualität zur postoperativen Ruhigstellung belassen oder zum Ende der Operation entfernt.

Nach Stabilisierung des Radius schloss sich in jedem Fall eine dynamische Untersuchung des Handgelenkes unter Bildverstärkersicht an, um ligamentäre Instabilitäten oder eine Instabilität im ulnaren Kompartiment ausschliessen zu können. Insbesondere wurden hier der scapholunäre Gelenkspalt und der Proc. styloideus ulnae untersucht.

Die Operation endete stets nach Öffnen der Blutsperre und Kontrolle der Blutstillung mit schichtweisem Wundverschluß über einer Redondrainage, wobei die Fasern des M. pronator quadratus fakultativ adaptiert wurden. Nach einer Röntgenkontrolle des operierten Handgelenkes in 2 Ebenen wurde der gespaltene Unterarmgipsverband wieder angelegt und der Patient ins Bett umgelagert.



#### **4.4. Postoperative Behandlung**

Post operationem wurde die operierte Extremität auf einem Kissen hochgelagert. Der erste Verbandswechsel erfolgte am 2. postoperativen Tag, nach Entfernung der Redondrainage begann zu diesem Zeitpunkt unter krankengymnastischer Anleitung die funktionelle Behandlung des Handgelenks und der Fingergelenke. Bei erheblichen Schwellungszuständen wurde dies begleitet von einer manuellen Lymphdrainage.

Nach der täglichen krankengymnastischen Behandlung wurde die operierte Hand auf einer volaren Unterarm-Gipsschale bis zur Entfernung des Nahtmaterials gelagert. Die Freigabe des Handgelenkes zur Ausübung der Aktivitäten des täglichen Lebens erfolgte nach Entfernung des Nahtmaterials. Eine Vermeidung der Maximalbelastung der Hand wurde bis zum Ablauf der 6. postoperativen Woche empfohlen.

Lediglich bei hochgradiger Osteoporose und Instabilität schloss sich der Operation eine Phase der Ruhigstellung des Handgelenkes (meist 2-3 Wochen) an. Dies stellte die Ausnahme dar und wurde vom Operateur gesondert festgelegt.

#### **4.5. Nachsorge**

Die ambulante Betreuung der Patienten erfolgte durch niedergelassene Chirurgen sowie poststationär oder im Rahmen der berufsgenossenschaftlichen Heilbehandlung an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios-Klinikum Erfurt.

#### **4.6. Materialentfernung**

Die Indikation zur Entfernung der palmaren Platten erfolgte nicht regelhaft, sondern stellte eine individuelle Entscheidung dar, die Einzelfällen vorbehalten blieb.

#### **4.7. Nachuntersuchung**

Die mit einer T-LCP 3,5 mm versorgten Patienten wurden mittels der klinikspezifischen Patientendatenbank erfasst.

Nach Auswertung der Unfall- und postoperativen Röntgenaufnahmen mit Überprüfung der Beurteilung der Frakturen nach der AO-Klassifikation wurden die Patienten einer ambulanten klinischen und radiologischen Nachuntersuchung unterzogen. Die klinische Untersuchung umfasste die Kontrolle der Umfangs- und Bewegungsausmasse an Unterarm und Handgelenk, der Sehnenfunktionen, der neurologischen Situation der Hand und der Finger, von Druckschmerzpunkten, Instabilitäten im distalen Radioulnargelenk, Narbenverhältnisse und die Prüfung der Handkraft mit dem Dynamometer nach Jamar.

Nach dem Score von Cooney und Bussey (modifiziert nach Green und O'Brien) wurden der Schmerz- und funktionell-soziale Status, die Kraftverhältnisse und die Bewegungsausmasse der Handgelenke erfasst. Jedes Kriterium wurde mit einem Punktwert eingeschätzt [Cooney et al. 1987, Green und O'Brien 1978].

#### Schmerz:

- 25 Punkte kein Schmerz
- 20 Punkte erträglicher, gelegentlicher Schmerz
- 15 Punkte moderater, erträglicher Schmerz
- 5 Punkte starker bis nicht zu tolerierender Schmerz

#### funktionell-sozialer Status:

- 25 Punkte frühere Tätigkeit uneingeschränkt wieder möglich
- 20 Punkte frühere Tätigkeit eingeschränkt wieder möglich
- 15 Punkte arbeitsfähig, aber arbeitslos
- 0 Punkte nicht arbeitsfähig

#### Bewegungsausmass (Dorsalextension/Palmarflexion)

- 25 Punkte 100 %
- 20 Punkte > 75%
- 15 Punkte > 50%
- 5 Punkte > 25%
- 0 Punkte < 25%

#### Griffstärke (grobe Kraft)

- 25 Punkte 100 % der normalen Kraft
- 20 Punkte 75-99%
- 15 Punkte 50-74%
- 5 Punkte 25-49%
- 0-Punkte 0-24%

Das Resultat wurde nach Summierung der Punktwerte ermittelt: „ausgezeichnet“ (90-100 Punkte), „gut“ (80-89 Punkte), „befriedigend“ (65-79 Punkte) und „schlecht“ (< 65 Punkte).

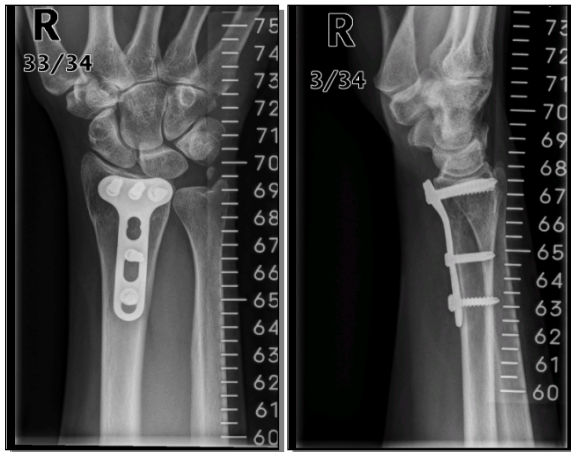
Die röntgenologische Verlaufsbeurteilung wurde anhand von konventionellen Röntgenaufnahmen der Handgelenke in 2 Ebenen ausgeführt, wobei eine exakte Übereinstimmung mit der Einstellung der postoperativen Aufnahmen angestrebt wurde (palmar-dorsaler Strahlengang: Ellenbogen um 15-20° angehoben, radio-ulnarer Strahlengang: Hand um 20-25° angehoben).

Die Auswertung der konventionell-röntgenologischen Aufnahme beider Handgelenke in 2 Ebenen erfolgte nach den Scoring-Kriterien der AO-Arbeitsgemeinschaft „Distale Radiusfraktur“ von 1997 mit Erfassung des radioulnaren Index, des radioulnaren und dorsopalmaren Neigungswinkels, der Gelenkflächenverhältnisse [Petračić et al. 1998] (Tab. 1).

**Tab. 1:** Radiologisches Scoringssystem AO-Arbeitsgemeinschaft "distaler Radius", (ideales Ergebnis: 0 Punkte; schlechtes Ergebnis: A-Fraktur: über 20 Punkte; B+C-Fraktur: über 25 Punkte)

	gelingen	tolerabel	unbefriedigend	Punkte-Score
radio-ulnarer Index (a.p.-Strahlengang)	keine Verkürzung	Verkürzung max. 2mm (Vergleichseite)	Verkürzung über 2 mm	Für 0,5 mm Verkürzung 2 Punkte
radio-ulnarer Neigungswinkel (a.p.-Strahlengang)	keine Abflachung	Abflachung bis 5° (Vergleichseite)	Abflachung über 5°	Für jeden Grad der Abflachung 1 Punkt
Dorso-palmarer Neigungswinkel (seitlicher Strahlengang)	Dorsale Abkipfung bis 5° von physiologischer Palmarneigung	Dorsale Abkipfung bis 10° (90° zur Längsachse)	Dorsale Abkipfung über 10° von physiologischer Palmarneigung	Für je 2 Grad Verkippung 1 Punkt
Wiederherstellung der Gelenkfläche	Diastase < 0,5 mm; ohne Stufenbildung	Diastase bis 1 mm; ohne Stufenbildung	Diastase > 1 mm; Stufe	Je nach Ausmass 1-10 Punkte
Score A Frakturen	bis 5 Punkte	bis 20 Punkte	über 20 Punkte	
Score C Frakturen	bis 7 Punkte	bis 25 Punkte	über 25 Punkte	

Diese Kriterien wurden an der postoperativen Aufnahme und der Aufnahme anlässlich der Nachuntersuchung wiederholt. Somit konnte das Ausmass des Korrekturverlustes nachgewiesen werden. Die Auswertung der digitalisierten Röntgenbilder erfolgte am PC-Monitor mit Hilfe einer bei der Aufnahme aufgelegten metrischen Schablone zur Vermeidung von projektionsbedingten Messfehlern (Abb.21).

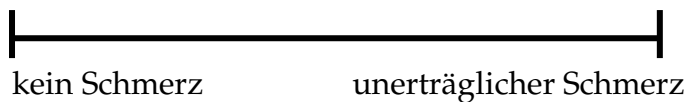


**Abb. 21:** Radiologische Verlaufskontrolle in palmar-dorsaler und radio-ulnarer Projektion, aufgelegte metrische Schablone

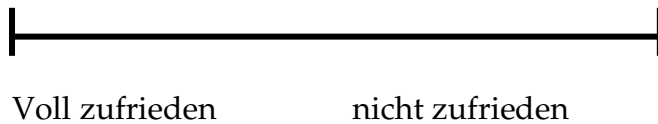
Die Kriterien der Verkürzung des Radius und der Abflachung des radioulnaren Neigungswinkels, der Abkipfung des dorso-palmaren Neigungswinkels und die Beschaffenheit der radialen Gelenkfläche (Stufen- oder Diastasennachweis) wurden für A- und C-Frakturen erfasst und punktuell bewertet. Die Summe der Punkte ergab ein Scoring in „gelingen“ (A-Frakturen bis 5 Punkte, C-Frakturen bis 7 Punkte), „tolerabel“ (A-Frakturen bis 20 Punkte, C-Frakturen bis 20 Punkte) oder unbefriedigend (A-Frakturen über 20 Punkte, C-Frakturen über 25 Punkte).

Per standardisiertem Fragebogen wurde der Funktionsstatus ebenfalls anhand des DASH-Formulares erhoben [Germann et al. 1999].

Weiterhin wurden mittels geschlossener Visueller Analogskalen nach Scott die Schmerzempfindung an der Bruchstelle bei Druck und bei Bewegung und somit eine Aussage zur quantitativen und qualitativen Schmerzsituation sowie die Zufriedenheit des Patienten mit der Behandlung der distalen Radiusfraktur erfasst [Scott und Huskinson 1976] (Abb.22, Abb.23).



**Abb. 22:** VAS Schmerzeinschätzung



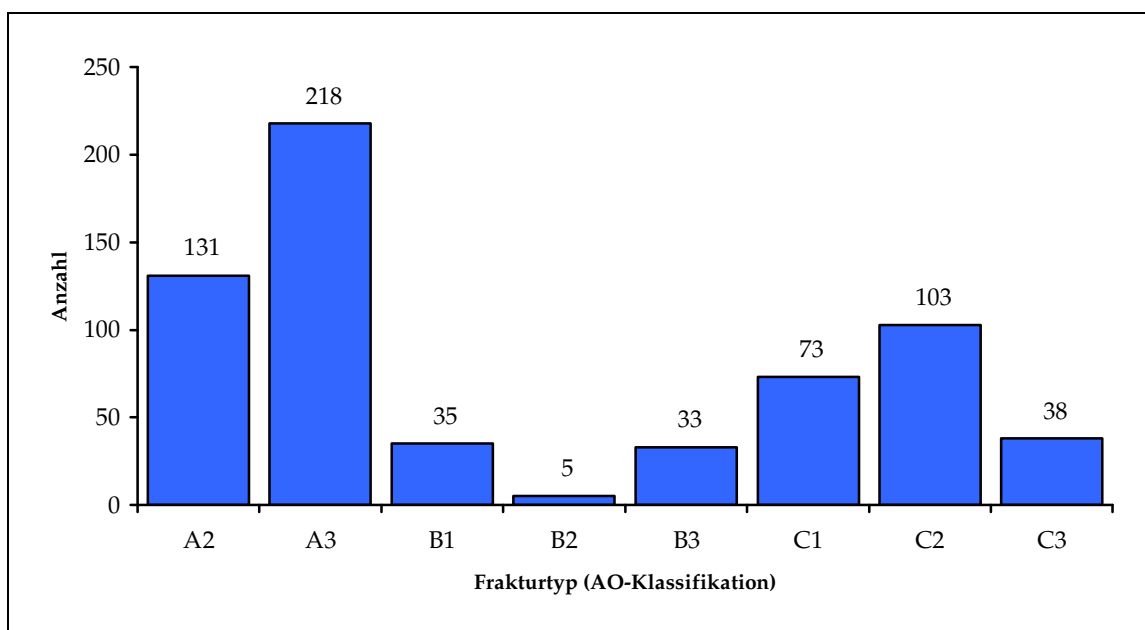
**Abb. 23:** VAS Zufriedenheit mit der Behandlung

Die Datenerfassung und statistische Berechnungen wurden mit dem Programm „SPSS für Windows Version 10.0.7“ durchgeführt. Als Testniveau wurde einheitlich das Signifikanzniveau  $p \leq 0.05$  verwendet. Zunächst erfolgte die Prüfung der Stichproben auf Normalverteilung durch den Kolmogorov-Smirnov-Test und auf Varianzgleichheit nach dem Levene-Test. Bei unabhängigen normalverteilten Stichproben wurden den weiteren Berechnungen der Mittelwert (MW) und bei unabhängigen nicht normalverteilten Stichproben der Median (MD) mit der jeweils dazugehörigen Standardabweichung (SD) zugrunde gelegt. Mittelwertvergleiche von zwei unabhängigen normalverteilten Stichproben erfolgten durch den T-Test und von mehr als zwei unabhängigen normalverteilten Stichproben durch den Duncan-Test. Beim Vergleich von zwei unabhängigen nicht normalverteilten Stichproben standen der U-Test nach Mann und Withney und bei mehr als zwei unabhängigen nicht normalverteilten Stichproben der H-Test nach Kruskal und Wallis zur Verfügung. Es wurden jeweils die mittleren Ränge ermittelt und miteinander verglichen. Zusammenhänge zwischen zwei kategorialen Variablen wurden in Form von Kreuztabellen dargestellt. Die Überprüfung auf Signifikanz erfolgte mit dem Chi - Quadrat - Test ( $\chi^2$ ) nach Pearson.

## 5. Ergebnisse

Im Zeitraum vom 01.03.2001 bis zum 30.09.2003 wurden an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios-Klinikum Erfurt insgesamt 75 Patienten, die eine Extensionsfraktur des distalen Radius erlitten hatten, mit einer palmaren Plattenosteosynthese mit der T-LCP 3,5 mm ® versorgt.

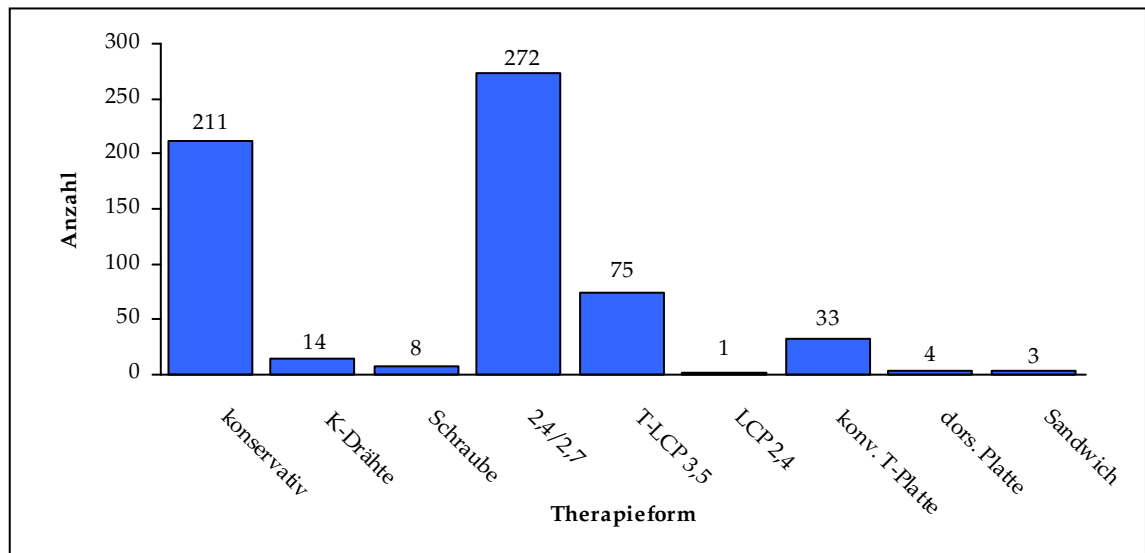
Insgesamt wurden in unserer Klinik in diesem Zeitraum 636 Patienten mit distalen Radiusfrakturen behandelt. Es handelte sich hierbei nach der AO-Klassifikation um 131 A2-Frakturen (20,5%), 218 A3-Frakturen (34,3%), 35 B1-Frakturen (5,5%), 5 B2-Frakturen (0,8%), 33 B3-Frakturen (5,2%), 73 C1-Frakturen (11,5%), 103 C2-Frakturen (16,2%) und 38 C3-Frakturen (6%) (Abb24).



**Abb. 24:** Verteilung der distalen Radiusfrakturen nach AO-Klassifikation im Untersuchungszeitraum

Das Behandlungsspektrum umfasste 211-mal (33,2%) ein konservatives und 425-mal (66,8%) ein operatives Vorgehen. Die operativen Behandlungen beinhalteten 14 perkutane Kirschnerdrahtspickungen, 8 Schraubenosteosynthesen, 15 Retentionen im Fixateur externe als alleinige Massnahme, 4 dorsale, 381 palmar und 3 Sandwich-Plattenosteosynthesen. Bei den palmaren Plattenosteosynthesen kam 75-mal die winkelstabile T-LCP 3,5mm® zum

Einsatz, 272-mal die winkelstabile distale Radiusplatte 2,4/2,7 mm®, in einem Fall die LCP 2,4 mm® und bei 33 Patienten die konventionelle T-Platte 3,5 mm® (alle Fa. Synthes) (Abb.25, Tab. 2).



**Abb. 25:** Therapieformen bei allen distalen Radiusfrakturen im Untersuchungszeitraum (n=636)

**Tab. 2:** Therapiestrategien nach Frakturtypen (AO-Klassifikation, alle Patienten im Untersuchungszeitraum, n=636)

	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
konservativ	121	3	29	2		23	4	
K-Draht	2	14						
Schraube			6			1		1
FixEx		3					2	10
T-LCP 3,5 mm	8	49				7	8	3
2,4/2,7 mm		121		2		42	88	19
LCP 2,4 mm		1						
konv. T-Platte					33			
dorsale Platte				1			1	2
Sandwich								3

Von den 75 Patienten mit winkelstabiler T-LCP 3,5mm konnten im Rahmen einer ambulanten Vorstellung in unserer Klinik 76 % (n=57) klinisch und radiologisch nachuntersucht werden.

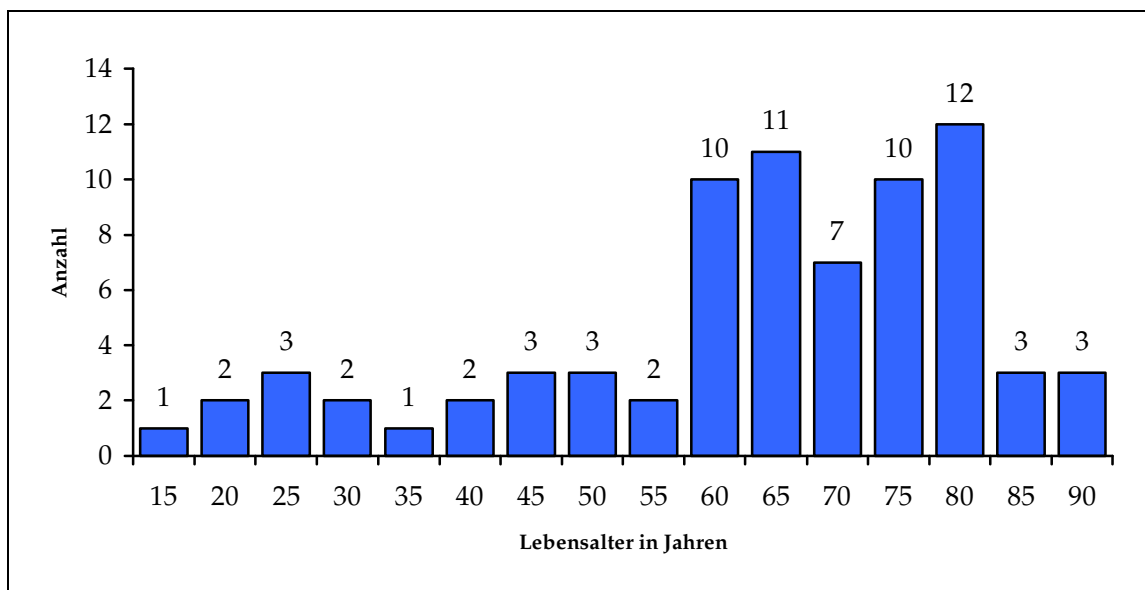
Zwischen Operationstag und Tag der Nachuntersuchung vergingen im Durchschnitt 14 Monate (Median 1 Jahr, Minimum 3 Monate, Maximum 25 Monate).

### 5.1. Alters- und Geschlechtsverteilung

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt des Unfalles betrug 63,2 Jahre (Median 66 Jahre). Der jüngste Patient war zum Unfallzeitpunkt 17,1 Jahre alt, die älteste Patientin 88,9 Jahre.

Es handelte sich bei 88% der Fälle um Frauen (n=66) und bei 12% der Fälle um Männer (n=9). Dies entspricht einem Verhältnis Frauen: Männer von 1:7,3.

Der Altersgipfel lag insgesamt zwischen dem 60. und 80. Lebensjahr, bei den Frauen zwischen dem 60. und 80., bei den Männern zwischen dem 50. und 70. Lebensjahr (Abb.26).

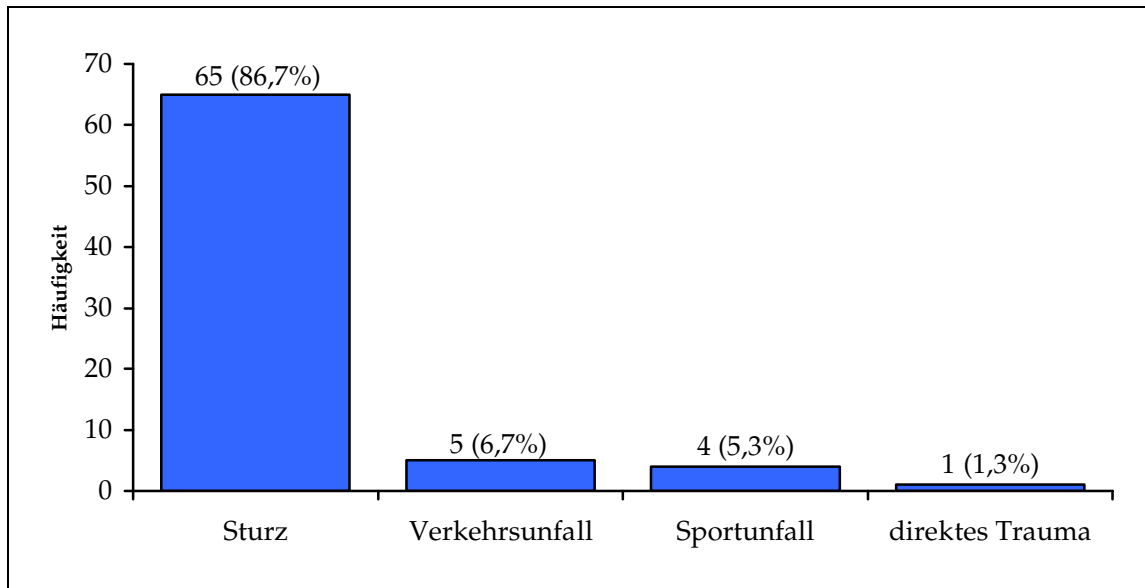


**Abb. 26:** Alter der mit T-LCP 3,5 versorgten Patienten zum Unfallzeitpunkt (n=75)

### 5.2. Unfallmechanismus

Die Auswertung der Unfallhergänge zeigt in 86,7 % der Fälle (n=65) einen Sturz auf die ausgestreckte Hand, in 6,7 % der Fälle (n=5) lag ein Verkehrs-, in 5,3% (n=4) ein Sportunfall vor. Eine Patientin (1,3% der Fälle) erlitt ein direktes Trauma, indem sie mit einer Hand in eine Brotmaschine geriet (Abb.27).





**Abb. 27:** Unfallmechanismus

Bei den 5 Patienten, die einen Verkehrsunfall erlitten hatten, handelte es sich in 80% (n=4) um Fahrradunfälle, der 5. Patient (20%) verunfallte mit dem Motorrad.

Die 4 Patienten, die sich beim Sport eine distale Radiusfraktur zuzogen, verunfallten beim Reiten, Inline-Skaten, Basketball und Eislaufen (jeweils n=1, 25%).

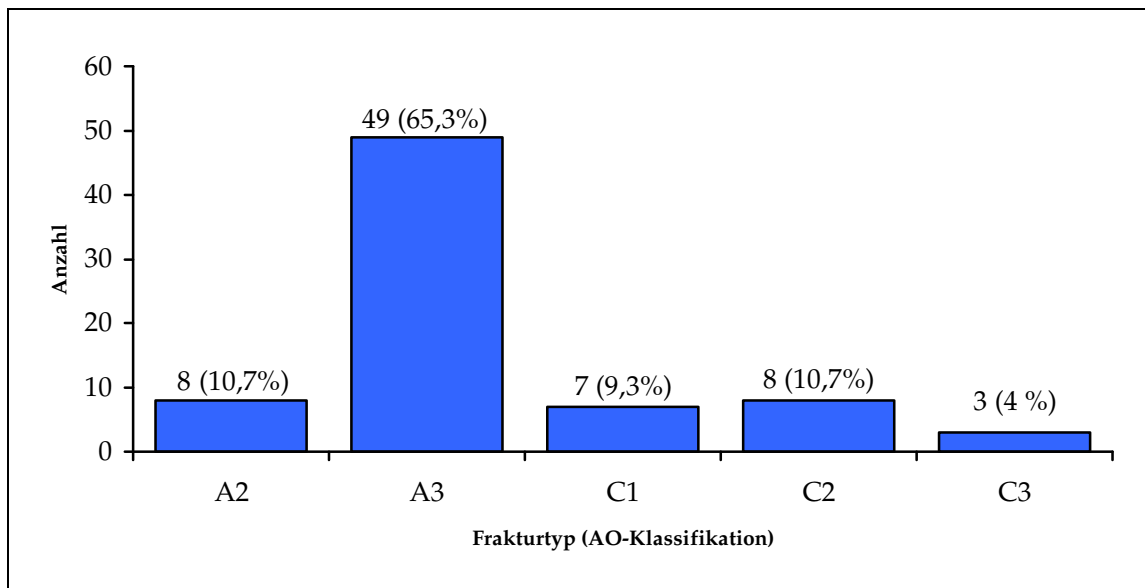
### **5.3. Arbeits- oder Freizeitunfall**

Bei den 75 Patienten, die insgesamt mit einer LCP 3,5 mm versorgt wurden, handelte es sich in 97,3 % (n=73) um Freizeitunfälle, lediglich 2,7 % (n=2) der Patienten erlitten den Unfall während der gesetzlich versicherten Tätigkeit.

### **5.4. Frakturdaten**

#### **5.4.1. Frakturtypen**

Die Frakturtypen wurden nach der AO-Klassifikation ermittelt: Es fanden sich bei 10,7% der Fälle (n=8) eine A2-Fraktur, bei 65,3% (n=49) handelte es sich um A3-Frakturen, C1-Frakturen waren zu 9,3 % (n=7), C2-Frakturen zu 10,7% (n=8) und C3-Frakturen in 4,0% (n=3) der Fälle nachweisbar (Abb.28).

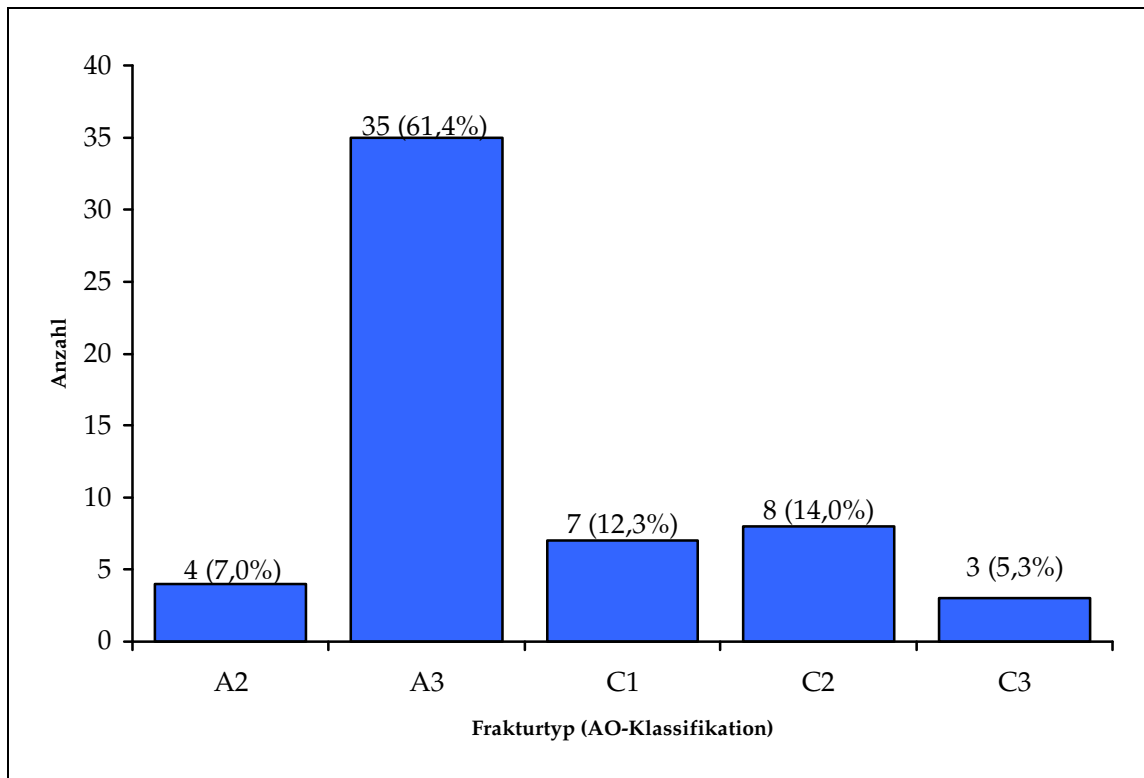


**Abb. 28:** Frakturtypen nach AO (n=75)

Bei den 57 nachuntersuchten Patienten handelte es sich in 7% der Fälle (n=4) um eine A2-Fraktur, bei 61,5% (n=35) handelte es sich um A3-Frakturen, C1-Frakturen waren zu 12,3 % (n=7), C2-Frakturen zu 14 % (n=8) und C3-Frakturen in 5,3% (n=3) der Fälle nachweisbar (Tab. 3, Abb.29).

**Tab 3:** Frakturtyp, nachuntersuchte Patienten (n=57)

Frakturtyp	n	%
A2	4	7,0
A3	35	61,4
C1	7	12,3
C2	8	14,0
C3	3	5,3
Gesamt	57	100,0



**Abb. 29:** Frakturtyp nach AO, nachuntersuchte Patienten (n=57)

#### 5.4.2. Begleitverletzungen

Nach klinischer und radiologischer Erstdiagnostik fanden sich bei den 75 Patienten folgende Begleitverletzungen: Bei 46,7 % (n=35) der 75 Patienten waren weder knöcherne noch ligamentäre Begleitverletzungen nachweisbar. Eine Fraktur des Proc. Styloideus ulnae wurde in 38,7 % (n=29) nachgewiesen. In 12% der Fälle (n=9) lag eine Fraktur des distalen Ellenendes und somit eine distale Unterarmfraktur vor. Eine ipsilaterale Scaphoidfraktur wurde bei einer Patientin (1,3%) nachgewiesen, weiterhin lag eine ipsilaterale Ellenbogenluxation (1,3%) vor (Tab. 4).

**Tab. 4:** Begleitverletzungen

Begleitverletzungen	n	5
keine	35	46,7
Fraktur Proc. styl. ulnae	29	38,7
distale Unterarmfraktur	9	12,0
Scaphoidfraktur	1	1,3
ipsilaterale Ellenbogenluxation	1	1,3
Gesamt	75	100,0

#### 5.4.3. Neurologische/Gefäßkomplikationen

Primäre Gefäßkomplikationen im Sinne der Verletzung arterieller Gefäße waren bei keinem der 75 Patienten der Nachuntersuchung zu beobachten. Eine Patientin (1,3%) wies ein primäres neurologisches Defizit im Sinne einer frakturbedingten Irritation des N. medianus auf.

#### 5.4.4. Vorschaden

85,3 % (n=64) der 75 Patienten erlitten erstmals eine distale Radiusfraktur. Bei 4 % (n=3) der Patienten bestand ein isolierter ipsilateraler Vorschaden, bei 8 % (n=6) ein isolierter Vorschaden der Gegenseite und bei 2,7 % (n=2) eine Vorschädigung beider Handgelenke (Tab. 5).

**Tab. 5:** Vorschäden

Vorschaden	n	%
kein Vorschaden	64	85,3
Vorschaden ipsilateral	3	4,0
Vorschaden kontralateral	6	8,0
Vorschaden beiderseits	2	2,7
Gesamt	75	100,0

#### **5.4.5. Betroffene Seite / Händigkeit**

Bei 45,3 % der Patienten (n=34) lag eine Fraktur des linken distalen Radius vor, bei den restlichen 54,7% (n=41) war der rechte Radius frakturiert.

Bei den 57 nachuntersuchten Patienten zeigte sich, dass von den 53 Rechtshändern 49,1% (n=26) eine linksseitige und 50,9 % (n=27) eine rechtsseitige Fraktur zuzogen. Bei den 4 Linkshändern war eine Verteilung von 50% (n=2) rechtsseitiger und 50% (n=2) linksseitiger Fraktur zu beobachten.

### **5.5. Behandlungsdaten**

#### **5.5.1. Primäre / Sekundäre Plattenosteosynthese**

Die Therapiestrategie bestand bei 89,3 % (n=67) von den insgesamt 75 Patienten in der primären palmaren Plattenosteosynthese. Bei 10,7% (n=8) wurden primär ein anderes Behandlungsverfahren gewählt und erst sekundär die palmare Plattenosteosynthese ausgeführt.

**Tab. 6:** Operationszeitpunkt

Operationszeitpunkt	n	%
primär	67	89,3
sekundär	8	10,7
Gesamt	75	100,0

Die 8 sekundär mittels palmarer Plattenosteosynthese versorgten Patienten wurden zunächst mit einem handgelenkübergreifenden Fixateur externe (n=6; 75%) versorgt. Die Plattenosteosynthese erfolgte geplant zweizeitig. Bei 2 Patienten (25%) erfolgte zunächst die geschlossene Reposition der Fraktur in Retention im Gipsverband, die Plattenosteosynthese erfolgte in diesen beiden Fällen aufgrund einer im Gipsverband nachweisbaren Redislokation.

Bei 98,7 % der Patienten (n=74) wurde die alleinige palmare Plattenosteosynthese ausgeführt, in einem Fall (1,3%) wurde bei einer Fraktur vom Typ C3 in gleicher Sitzung eine zusätzliche dorsale Plattenosteosynthese (LCP 3,5 mm Fa. Synthes ®) im Sinne einer Sandwich-Plattenosteosynthese ausgeführt.

Bei 2 Patientinnen mit intraartikulären Frakturen vom AO-Typ C2 wurde vor Implantation der Platte eine freie Schraube über eine separate Inzision am Processus styloideus radii eingebracht, um den Gelenkblock zu stabilisieren.

### 5.5.2. Plattenwerkstoff

In 76% der Fälle (n=57) wurde ein Titan-Implantat, in 24 % (n=18) ein Stahlimplantat verwendet.

**Tab. 7:** Plattenmaterial

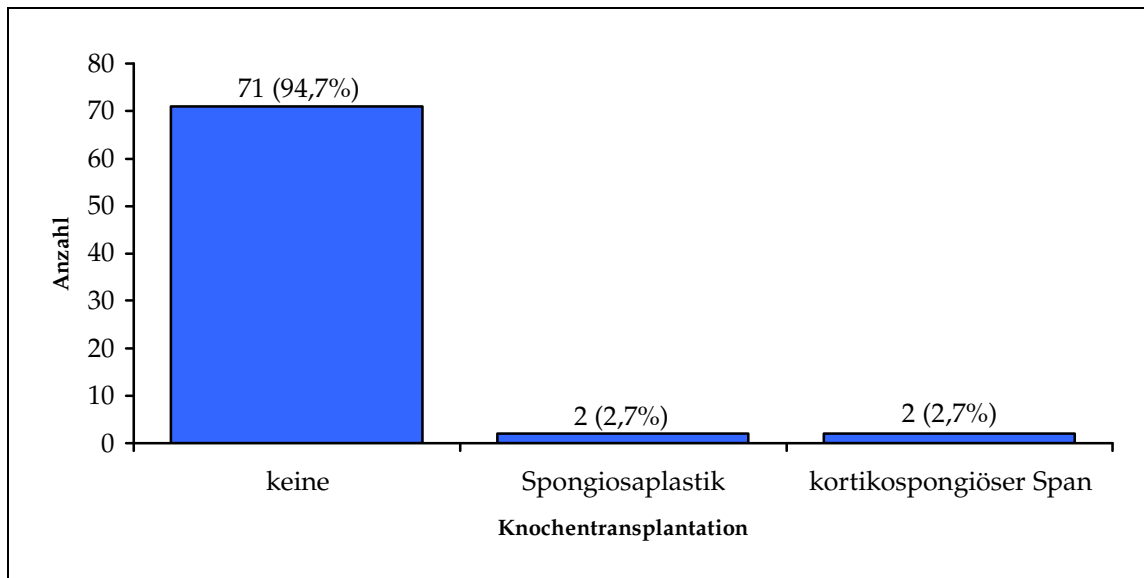
Plattenmaterial	n	%
Titan	57	76,0
Stahl	18	24,0
Gesamt	75	100,0

### 5.5.3. Knochentransplantation / Knochenersatz

Bei 94,7% der Operationen (n=71) wurde auf den Einsatz eines Knochenersatzes verzichtet. Bei 2,7 % der Fälle (n=2) wurde eine autologe Spongiosaplastik vorgenommen (Abb. 30). In einem Fall handelte es sich um eine Radiusfraktur vom AO Typ 23 A3 nach unvollständiger Konsolidierung einer vorbestehenden Fraktur 3 Monate zuvor; im anderen Fall lag eine primär durch Kirschnerdraht-Osteosynthese versorgte Fraktur vom AO-Typ 23 A3 mit Infektverlauf vor, die sekundär mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese behandelt wurde.

In weiteren 2,7% (n=2) erfolgte die Implantation eines autologen kortikospongiösen Spanes vom vorderen Beckenkamm. Hierbei handelte es sich um einen polytraumatisierten Patienten mit einer Fraktur vom AO-Typ 23 C3 mit einem zweitgradig offenen Weichteilschaden (nach Tscherne und Oestern), der zunächst mit Fixateur externe und sekundär mittels palmarer winkelstabiler Plattenosteosynthese und Bone Graft versorgt wurde. Die zweite Patientin wies bei einer Fraktur vom AO-Typ C3 bei Osteoporose eine erhebliche metaphysäre Trümmerzone auf, auch hier erfolgte das zweizeitige

Vorgehen mit Primärversorgung im Fixateur externe. Bovine/synthetische Knochenersatzstoffe kamen nicht zum Einsatz.



**Abb. 30:** Häufigkeit der Knochentransplantation

#### **5.5.4. Behandlung der Begleitverletzungen**

In keinem Fall der 29 Abbrüche des Processus styloideus ulnae wurde bei der dynamischen kinematographischen Bildverstärker-Untersuchung nach erfolgter Stabilisierung des Radius eine Instabilität nachgewiesen. Eine stabilisierende Massnahme folgte in keinem Fall.

Die Stabilisierung der distalen Ulnafraktur erfolgte in zwei der 9 Fälle (18%) durch winkelstabile Plattenosteosynthese mit einer geraden LCP 3,5 mm und mit einer LCP-Rekoplatte 3,5 mm nach offener Reposition über einen separaten ulnaren Zugang.

Im Fall der simultanen isipilateralen Fraktur des Os scaphoideum wurde diese simultan nach geschlossener Reposition in minimal-invasiver Technik mit einer 3,0 mm Boldt-Schraube aus Titan versorgt.

Bei einer Patientin mit einer Luxation im distalen Radioulnargelenk erfolgte die Ruhigstellung des Gelenks nach Reposition durch die Transfixation der Ulna an den Radius mit einem 1,8 mm K-Draht ca. 3 Querfinger proximal des Ulnaköpfchens. Es folgte eine 4-wöchige Ruhigstellung im Oberarmgips, hiernach wurde der Transfixationsdraht entfernt und die Extremität funktionell nachbehandelt.

Bei der Patientin mit simultaner ipsilateraler dorsaler Ellenbogenluxation erfolgte primär die geschlossene Reposition der Luxation. Die im Rahmen der operativen Versorgung der Radiusfraktur erfolgte Stabilitätsprüfung zeigte keine Hinweise für eine operationspflichtige Ellenbogeninstabilität, die Extremität wurde im Oberarmgips retiniert.

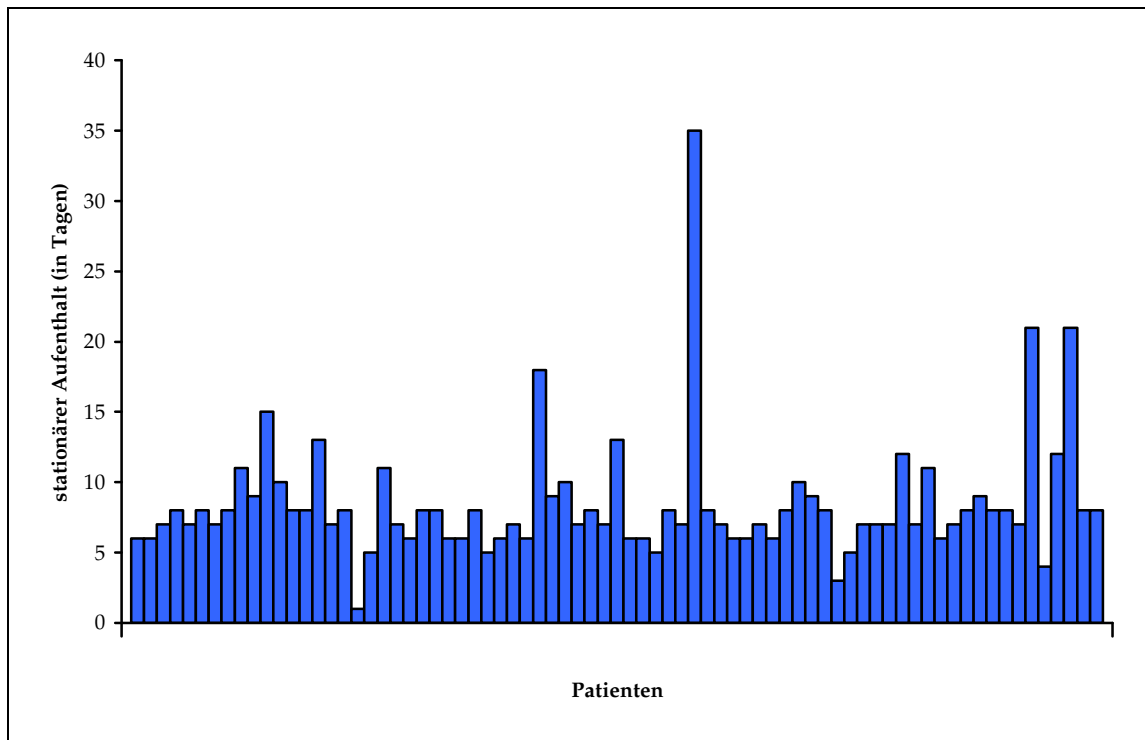
#### **5.5.5. Behandlung des primären Karpaltunnelsyndroms**

Im Falle der einen Patientin mit primärer Medianussymptomatik wurde nach Stabilisierung des Radius die Spaltung des Karpaltunneldaches in offener Mini-Release-Technik nach Brueser über einen separaten Zugang in der Hohlhand ausgeführt, bei allen anderen Patienten wurde hierauf verzichtet.

#### **5.5.6. Stationäre Behandlung**

Alle Eingriffe wurden unter stationären Bedingungen durchgeführt. Die Dauer der stationären Behandlung betrug durchschnittlich 8,5 Tage (Maximum 35 Tage, Minimum 1 Tag, Median 7 Tage). Der Patient mit einer 35-tägigen stationären Behandlung hatte ein Polytrauma erlitten. Zwei Patientinnen blieben jeweils 21 Tage in stationärer Betreuung: die eine Patientin hatte eine ipsilaterale Ellenbogenluxation erlitten, die andere wies eine hochgradige Osteoporose und eine cardioplumonale Funktionseinschränkung mit einer Antikoagulantienbehandlung auf.





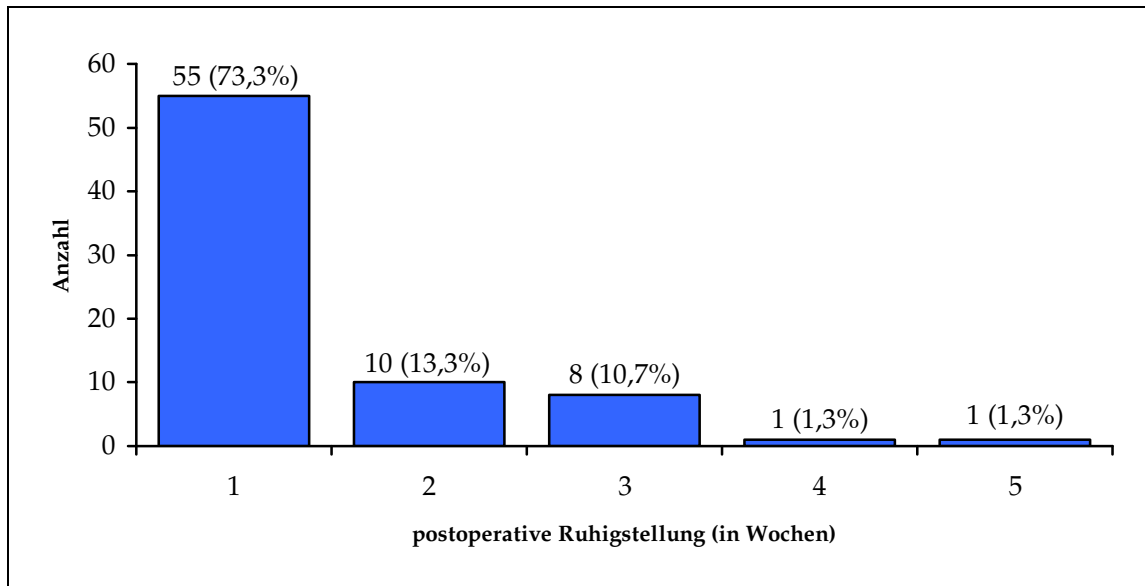
**Abb. 31:** stationäre Behandlung in Tagen

### 5.5.7. Dauer der postoperativen Ruhigstellung

Nach der operativen Versorgung wurde in 73,3% der Fälle (n=55) lediglich eine kurzzeitige Ruhigstellung der operierten Extremität in einer palmaren Unterarm-Gipsschale bis zum Abschluss der Wundheilung bzw. zur Entfernung des Nahtmaterials am Ende der ersten postoperativen Woche. 13,3% der operierten Patienten (n=10) erhielten eine 2-wöchige Ruhigstellung. Bei 10,7% (n=8) dauerte die Ruhigstellung 3 Wochen. Lediglich bei zwei Patienten dauerte die postoperative Ruhigstellung 4 bzw. 5 Wochen.

**Tab. 8:** Dauer und Häufigkeit der postoperativen Ruhigstellung

Ruhigstellung in Wochen	n	%
1	55	73,3
2	10	13,3
3	8	10,7
4	1	1,3
5	1	1,3
Gesamt	75	100,0

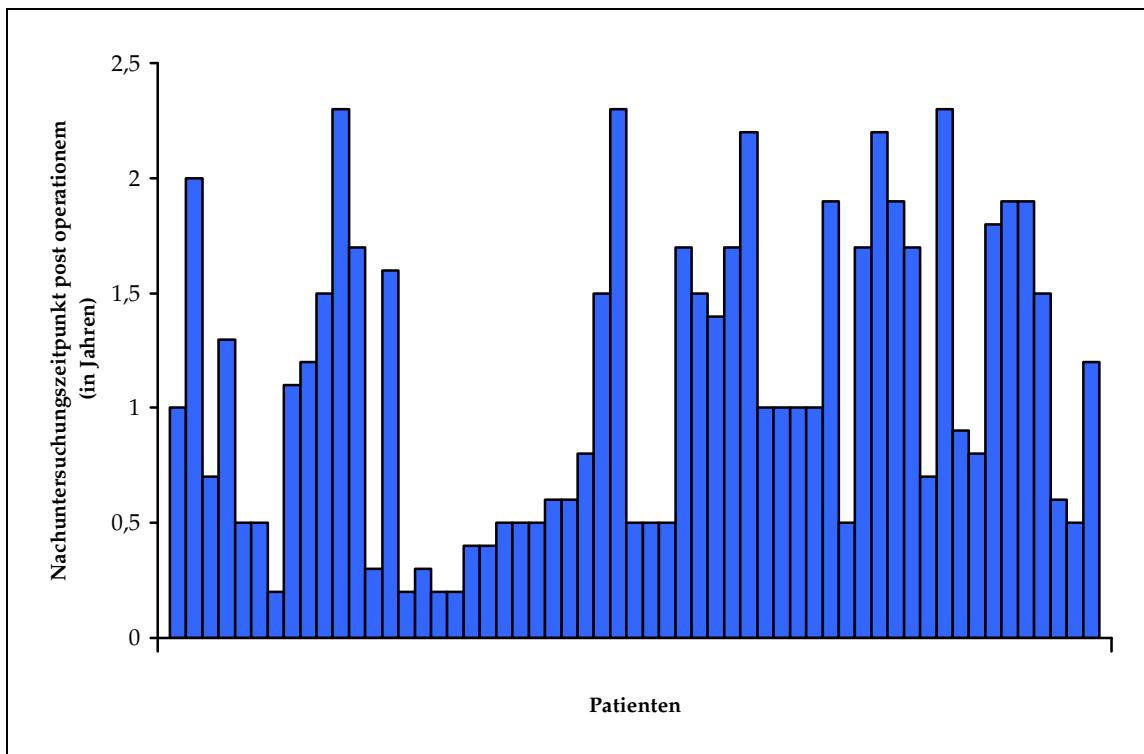


**Abb. 32:** Dauer der postoperativen Ruhigstellung in Wochen

#### 5.5.8. Nachuntersuchung

Die folgenden Darstellungen beziehen sich auf die Nachuntersuchungsergebnisse der 57 zur Untersuchung erschienenen Patienten (76% der Fälle). Die Daten der 18 Patienten (24 % der Fälle), die nicht nachuntersucht werden konnten, können keine Berücksichtigung finden.

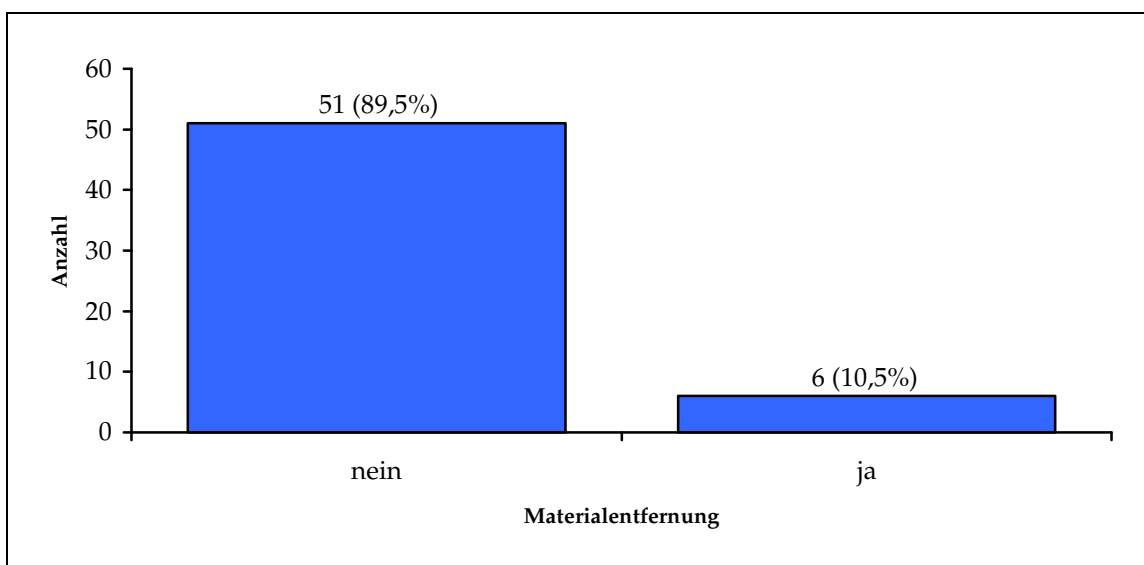
Der Nachuntersuchungszeitraum der vorliegenden Untersuchung betrug 14 +/- 11 Monate. 31 % (n=18) der 57 Patienten wurden vor Abschluss des 6. postoperativen Monats, 23% (n=13) vom 7.-12. postoperativen Monat und 46% (n=26) nach Abschluss des ersten postoperativen Jahres nachuntersucht.



**Abb. 33:** Nachuntersuchungszeitpunkt

### 5.5.9. Materialentfernung

Die Entfernung des Osteosynthesematerials erfolgte nicht regelhaft. Lediglich bei 10,5% (n=6) der 57 nachuntersuchten operierten Patienten wurde die LCP wieder entfernt, bei 89,5% (n=51) der nachuntersuchten Patienten war zum Nachuntersuchungszeitpunkt keine Materialentfernung durchgeführt worden.



**Abb. 34:** Materialentfernung

Indikationen zur Materialentfernung waren in einem Fall die operative Revision aufgrund einer Verletzung der Sehne des M. extensor pollicis longus, einmal wegen eines Narbengranuloms, einmal wegen persistierender Kribbelparaesthesien der Langfinger im Rahmen der Spaltung des Karpaltunneldaches. Eine Patientin erlitt nach Konsolidierung der distalen Radiusfraktur eine Fraktur am proximalen Plattenrand, so dass die T-LCP entfernt wurde und eine neuerliche winkelstabile Plattenosteosynthese erfolgte. Bei zwei Patienten erfolgte die Materialentfernung auf ausdrücklichen Wunsch im ambulanten Bereich.

## **5.6. Komplikationen**

87,7 % (n=50) der 57 nachuntersuchten Patienten berichteten von einem insgesamt komplikationslosen Verlauf. Infektverläufe waren nicht zu verzeichnen, ebenso kein einziger Fall einer manifesten sympathischen Reflexdystrophie. Bei einem Patienten war post operationem ein Karpaltunnelsyndrom festzustellen. Bei 5,3 % (n=3) waren Rupturen der Sehne des M. extensor pollicis longus zu beobachten. In 2 Fällen (je 3,5%) fand sich eine Instabilität im distalen Radioulnargelenk. Bei einem Patienten (1,8%) kam es zur Fraktur am proximalen Plattenrand.

Operative Konsequenzen aus diesen Komplikationen ergaben sich bei 8,8 % der Fälle (n=5). Bei den drei Patientinnen mit den genannten verzögerten Rupturen der Sehne des M. extensor pollicis longus wurde die Sehnenersatzplastik mit der Sehne des M. extensor indicis ausgeführt. Im Falle des Patienten, der ein postoperatives Karpaltunnelsyndrom ausgebildet hatte, war nach der 6. postoperativen Woche nach Frakturversorgung eine Karpaltunneldachspaltung erforderlich.

**Tab. 9:** Komplikationen

Komplikationen	n	%
Keine	50	87,7
EPL-Ruptur	3	5,3
Instabilität DRUG	2	3,5
postoperatives KTS	1	1,8
Fraktur am proximalen Plattenende	1	1,8
Gesamt	57	100,0

## **5.7. Klinische Ergebnisse**

### **5.7.1. Subjektive Bewertungskriterien**

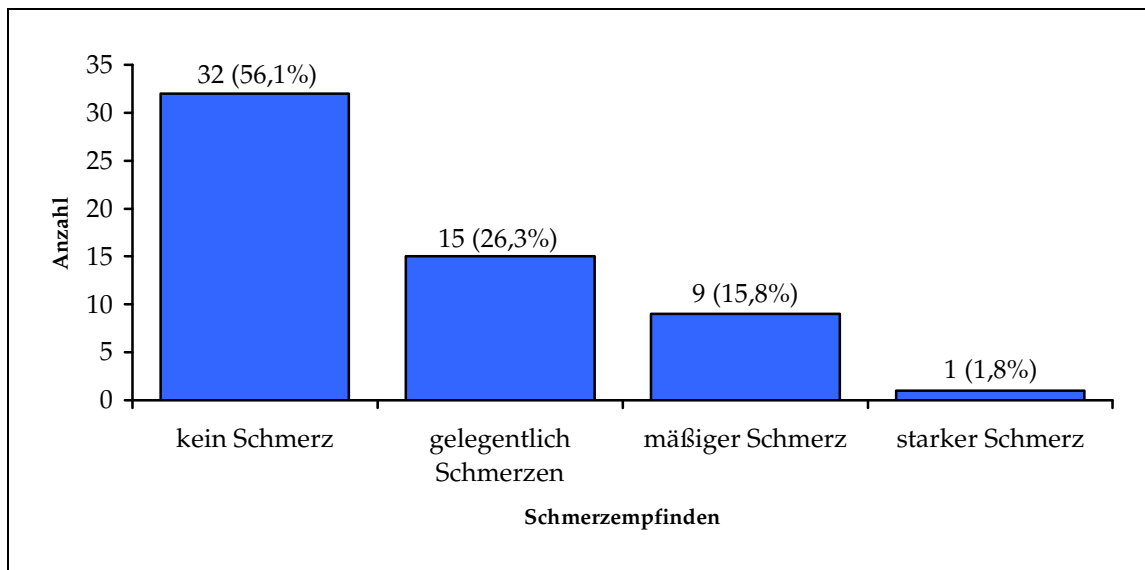
Die folgenden subjektiven Bewertungskriterien wurden anhand des Scorings nach Cooney und Bussey erhoben [Cooney und Bussey 1987].

### **Schmerzempfinden**

56,1 % (n=32) der nachuntersuchten Patienten beklagten keine Schmerzen. 26,3 % (n=15) gaben erträgliche gelegentliche Schmerzen an, 15,8 % (n=9) beklagten moderate, noch erträgliche Schmerzen. Lediglich eine Patientin (1,8% der Fälle) berichtete von starken bis nicht zu tolerierenden Schmerzen.

**Tab. 10:** Schmerzempfinden

Schmerzempfinden	n	%
kein Schmerz	32	56,1
gelegentlich Schmerzen	15	26,3
mäßiger, tolerabler Schmerz	9	15,8
Starker Schmerz	1	1,8
Gesamt	57	100,0



**Abb. 35:** Schmerzempfinden

### **Funktionell-sozialer Status**

75,4% (n=43) der nachuntersuchten Patienten gaben an, ihr vor der Radiusfraktur vorhandenes Aktivitätsniveau ohne Einschränkungen wiedererlangt zu haben. Die restlichen 24,6% (n=14) der Patienten berichteten, die früheren Tätigkeiten mit Einschränkungen wieder ausüben zu können.

**Tab. 11:** funktionell-sozialer Status

Funktionell-sozialer Status	n	%
frühere Tätigkeit wieder möglich	43	75,4
eingeschränkt wieder möglich	14	24,6
Gesamt	57	100,0

### **5.7.2. Objektive Bewertungskriterien**

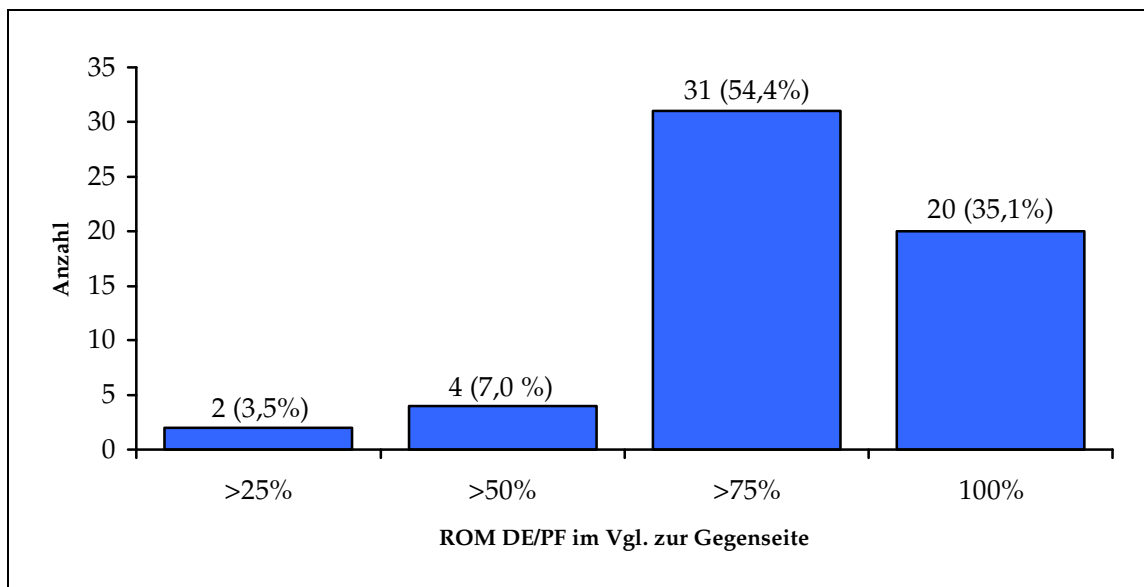
#### **Bewegungsausmasse**

Für Dorsalextension (DE)/ Palmarflexion (PF) konnten in 35,1% der nachuntersuchten Fälle (n=20) ein identisches Bewegungsausmass im Vergleich zur Gegenseite nachgewiesen werden. Bei 54,4% (n=31) lag eine Bewegungseinschränkung von unter einem Viertel des gesamten Ausmasses vor. Bei 7% (n=4) war das Ausmass der DE/PF besser als 50% der Gegenseite

und in 3,5% der Fälle (n=2) war dieses Bewegungsausmass um 75% eingeschränkt.

**Tab. 12:** Bewegungsausmass DE/PF im Vergleich zur Gegenseite

Bewegungsausmass im Vergleich zur Gegenseite	n	%
> 25%	2	3,5
> 50%	4	7,0
> 75%	31	54,4
100 %	20	35,1
Gesamt	57	100,0



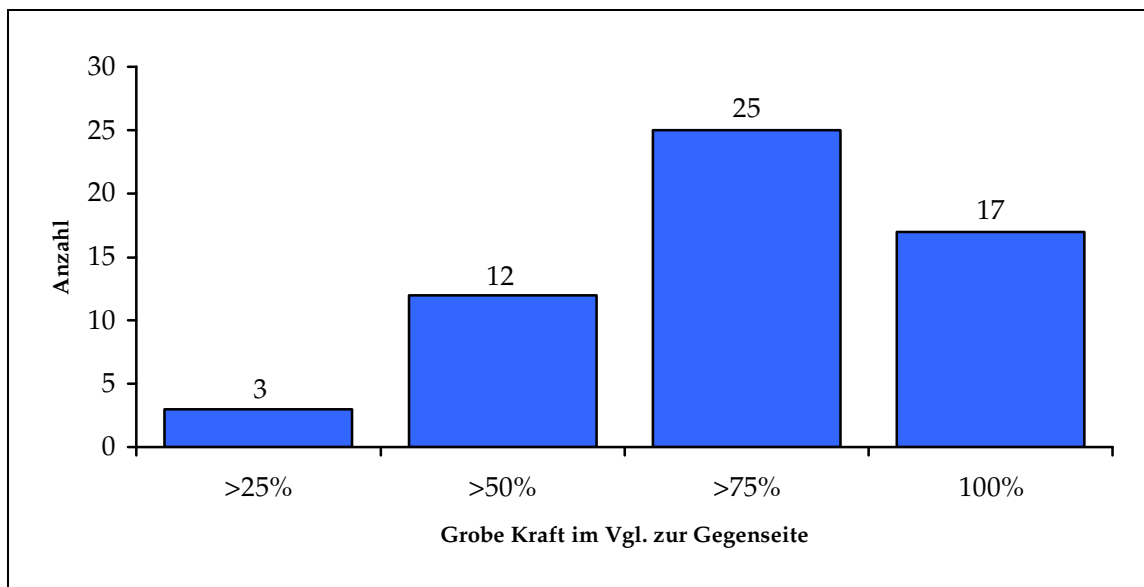
**Abb. 36:** Bewegungsausmass DE/PF im Vergleich zur Gegenseite

### Grobe Kraft

Durch die Kraftprüfung mit dem Dynamometer nach Jamar konnte bei 5,3 % der Patienten (n=3) eine Kraftminderung von 50-75% der Gegenseite nachgewiesen werden. Bei 21,1% (n=12) war die grobe Kraft mehr als halb so hoch wie die der Gegenseite. Zwischen 75 und 100 % der Kraft der Gegenseite war bei 43,9% der Fälle (n=25) nachweisbar. 29,8 % (n=17) der nachuntersuchten Patienten wiesen identische Kraftverhältnisse an beiden Händen auf.

**Tab. 13:** Grobe Kraft im Vergleich zur Gegenseite

Grobe Kraft im Vergleich zur Gegenseite	n	%
> 25 %	3	5,3
> 50 %	12	21,1
> 75 %	25	43,9
100	17	29,8
Gesamt	57	100,0



**Abb. 37:** Grobe Kraft im Vergleich zur Gegenseite

### **Fingerbeweglichkeit / Faustschluss**

Bei den 57 nachuntersuchten Patienten fanden sich keine Einschränkungen der Fingerbeweglichkeiten hinsichtlich Streckung und Faustschluss. Die drei Patientinnen mit stattgehabter verzögerter Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus wiesen nach erfolgter Ersatzplastik mit der Sehne des M. extensor indicis proprius zum Nachuntersuchungszeitraum keine funktionellen Einschränkungen auf.



## **Sensibilitätsstörungen**

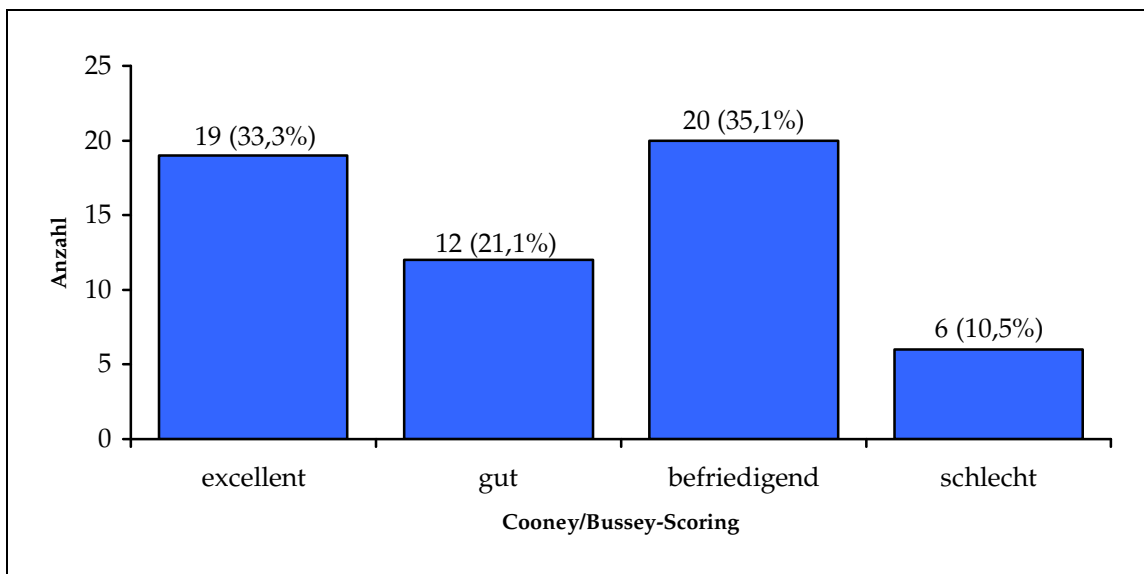
Bei 5 Patienten, bei denen Sensibilitätsstörungen der Finger oder im Narbenbereich zum Nachuntersuchungszeitpunkt nachweisbar waren (8,8%) handelte es sich um unspezifische Erscheinungen, die keiner posttraumatischen oder postoperativen Nervenschädigung zugeordnet werden konnten.

### **5.7.3. Bewertung nach dem klinischen Score nach Cooney und Bussey**

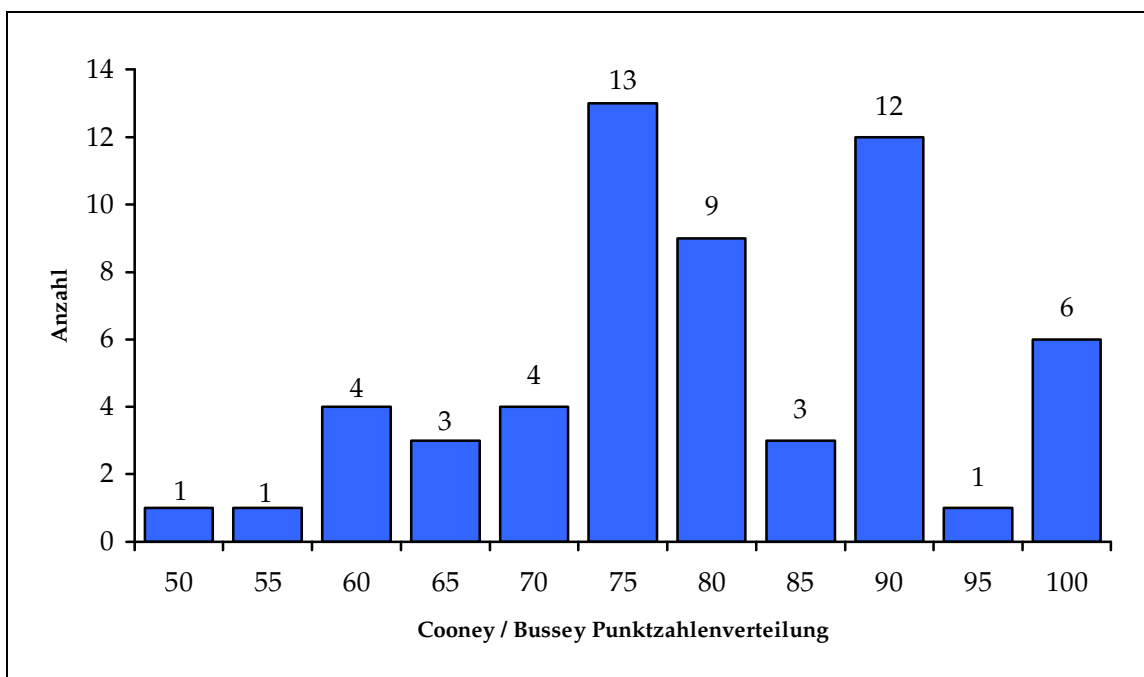
Nach dem klinischen Score nach Cooney und Bussey [Cooney et al. 1987] lagen unter Auswertung aller 57 nachuntersuchten Patienten in 33,3 % der Fälle (n=19) ein excellentes Ergebnis vor, bei 21,1 % der Fälle (n=12) war ein gutes Ergebnis, bei 35,1 % (n=20) der Nachuntersuchten ein befriedigendes Ergebnis nachweisbar. Bei 10,5% (n=6) der Fälle war das Ergebnis als schlecht einzuschätzen.

**Tab. 14:** Score nach Cooney und Bussey

Cooney und Bussey-Score	n	%
excellent (90-100 Pkt.)	19	33,3
gut (80-89 Pkt.)	12	21,1
befriedigend (65-79 Pkt.)	20	35,1
schlecht (unter 65 Pkt.)	6	10,5
Gesamt	57	100,0



**Abb. 38:** Cooney/Bussey-Score



**Abb. 39:** Cooney/Bussey-Score (Punktzahlenverteilung)

### 100 Punkte

Die volle Punktzahl von 100 erzielten 10,5 % (n=6) der nachuntersuchten Frakturen. Dies waren 4 Frakturen vom AO-Typ A3 und 2 Frakturen vom AO-Typ C2.

**Tab. 15:** Cooney/Bussey-Score - Volle Punktzahl

Frakturtyp	n	%
A3	4	66,7
C2	2	33,3
Gesamt	6	100,0

### **Cooney/Bussey-Score in Abhängigkeit vom Frakturtyp**

Im Folgenden werden die Ergebnisse nach dem Score nach Cooney und Bussey [Cooney et al. 1987] für die einzelnen Frakturtypen nach der AO-Klassifikation dargestellt:

#### **A2-Frakturen**

Bei den 4 nachuntersuchten A2-Frakturen (7,0% der Fälle) konnte in einem Fall (25%) ein excellentes, in den restlichen 3 Fällen (75%) ein gutes Ergebnis nachgewiesen werden.

#### **A3-Frakturen**

Bei den 35 nachuntersuchten Frakturen des Typs A3 (61,4% der Fälle) wurde in jeweils 34,3% der Fälle (n=12) ein excellentes und ein befriedigendes, in 20% der Fälle (n=7) ein gutes und in 11,4 % der Fälle (n=4) ein schlechtes Ergebnis nachgewiesen.

#### **C1-Frakturen**

Unter den 7 Frakturen vom AO-Typ C1 wurde in jeweils 14,3 % (n=1) ein exzellentes und ein gutes Ergebnis erzielt. In 71,4% der Fälle (n=5) fand sich ein befriedigendes Resultat.

#### **C2-Frakturen**

Das funktionelle Ergebnis der insgesamt 8 C2-Frakturen zeigte in 50% der Fälle (n=4) eine exzellente und in jeweils 25% (je n=2) eine gute bzw. befriedigende Einschätzung.

### C3-Frakturen

Bei den 3 Frakturen vom Typ C3 wurde jeweils in 33,3 % (je n=1) ein exzellentes, gutes und befriedigendes Ergebnis erzielt.

### Statistischer Vergleich

Die einzelnen Fraktur-Untertypen wiesen statistisch hinsichtlich des erhobenen Cooney und Bussey-Scores keine signifikanten Unterschiede auf.

**Tab. 16:** Kreuztabelle: Frakturtyp \* Auswertung Cooney/Bussey-Score

Frakturtyp	Auswertung Cooney/Bussey-Score				Gesamt
	excellent (90-100 Pkt.)	gut (80-89 Pkt.)	befriedigend (65-79 Pkt.)	schlecht (unter 65 Pkt.)	
A2	1	3			4
A3	12	7	12	4	35
C1	1	1	5		7
C2	4		2	2	8
C3	1	1	1		3
	19	12	20	6	57

Nach dem Chi-Quadrat-Test lagen keine Signifikanz vor ( $p=0,170$ ).

### Cooney/Bussey-Score in Abhängigkeit von Begleitverletzungen

Bei den 57 nachuntersuchten Patienten waren in 45,6 % ( $n=26$ ) keine ossären Begleitverletzungen zu verzeichnen. Bei 8,8% der Patienten ( $n=5$ ) wurde eine Mitbeteiligung des distalen Ulnaschaftes oder der distalen Ulnametaphyse, bei 45,6 % ( $n=26$ ) eine Fraktur im Bereich des Processus styloideus ulnae nachgewiesen.

### **Cooney/Bussey-Score - keine Begleitverletzung**

Die 26 Patienten ohne knöcherne Begleitverletzungen zeigten hinsichtlich des funktionellen Scores in 38,5% (n=10) ein exzellentes, in 23,1% (n=6) ein gutes, in 34,6% (n=9) ein befriedigendes und in 3,8% (n=1) ein schlechtes Ergebnis.

### **Cooney/Bussey-Score - Abbruch des Processus styloideus ulnae**

Bei Abbruch des Processus styloideus ulnae war in 30,8% (n=8) ein exzellentes, in 15,4 % (n=4) ein gutes, in 34,6% (n=9) ein befriedigendes und in 19,2 % (n=5) ein funktionell schlechtes Ergebnis zu verzeichnen.

Nach dem T-Test lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ohne Begleitverletzung und der mit Abbruch des Proc. styloideus ulnae vor ( $p=0,193$ ).

### **Cooney/Bussey-Score - distale Unterarmfraktur**

In den 5 Fällen der Mitbeteiligung der meta- oder distalen diaphysären Ulnaanteile wurden in 20% (n=1) ein exzellentes und in jeweils 40 % (je n=2) ein gutes und befriedigendes Ergebnis erfasst.

Nach dem T-Test lag ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ohne Begleitverletzung und der mit einer Beteiligung der distalen Ulna im metaphysären / subkapitalen Bereich vor ( $p=0,728$ ).

### **Cooney/Bussey-Score in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt**

Von den 52 Patienten, die primär operativ versorgt wurden, zeigten 34,6% (n=18) ein exzellentes, 21,2% (n=11) ein gutes, 34,6 % (n=18) ein befriedigendes und 9,6% (n=5) ein schlechtes funktionelles Ergebnis.

Bei den 5 Patienten, bei denen die winkelstabile palmare Plattenosteosynthese sekundär ausgeführt wurde, konnten in jeweils 20 % (je n=1) ein exzellentes, ein gutes und ein schlechtes funktionelles Ergebnis erzielt werden. In 40% (n=2) handelte es sich um ein befriedigendes funktionelles Resultat.

Nach dem T-Test lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen mit primärer und sekundärer operativer Versorgung vor ( $p=0,405$ ).

### **Cooney /Bussey-Score in Abhängigkeit vom Nachuntersuchungszeitpunkt**

Die Nachuntersuchungen der vorliegenden Untersuchung erfolgten durchschnittlich 14 (+/- 11) Monate post operationem. 31 % (n=18) der 57 Patienten wurden vor Ablauf des ersten halben Jahres, 23% (n=13) zwischen 7. und 12. postoperativen Monat und 46% (n=26) nach Ablauf des ersten postoperativen Jahres nachuntersucht.

**Tab. 17:** Kreuztabelle: Katamnese \* Auswertung Cooney/Bussey-Score

Katamnese	Auswertung Cooney/Bussey-Score				Gesamt
	excellent (90-100 Pkt.)	gut (80-89 Pkt.)	befriedigend (65-79 Pkt.)	schlecht (unter 65 Pkt.)	
0-6 Monate	5	1	10	2	18
7-12 Monate	3	5	3	2	13
>12 Monate	11	6	7	2	26
	19	12	20	6	57

Nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson lagen keine signifikanten Unterschiede des funktionellen Scorings nach Cooney/Bussey in Abhängigkeit von der Katamnese vor ( $p=0,182$ ).

## **5.8. Radiologische Ergebnisse**

### **5.8.1. Korrekturverlust**

Zur Auswertung des Korrekturverlustes wurden die ipsilateralen postoperativen Aufnahmen mit den ipsilateralen Aufnahmen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung verglichen.

### **Radioulnarer Index**

Bei den 57 nachuntersuchten Patienten wurde ein maximaler Korrekturverlust hinsichtlich des radioulnaren Indexes von 2 mm (Mittelwert 0,72 mm) festgestellt.

**Tab. 18:** Korrekturverlust hinsichtlich des radioulnaren Index

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Korrekturverlust Radioulnarer Index	0	2	0,72	0,77

### **Radioulnarer Neigungswinkel**

Der Korrekturverlust hinsichtlich des radioulnaren Neigungswinkels betrug bei allen 57 nachuntersuchten Patienten maximal 8 Grad (Mittelwert 0,49 Grad).

**Tab. 19:** Korrekturverlust hinsichtlich des radioulnaren Neigungswinkels

	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Korrekturverlust Radioulnarer Neigungswinkel	8	0,49	1,43

### **Dorsopalmarer Neigungswinkel**

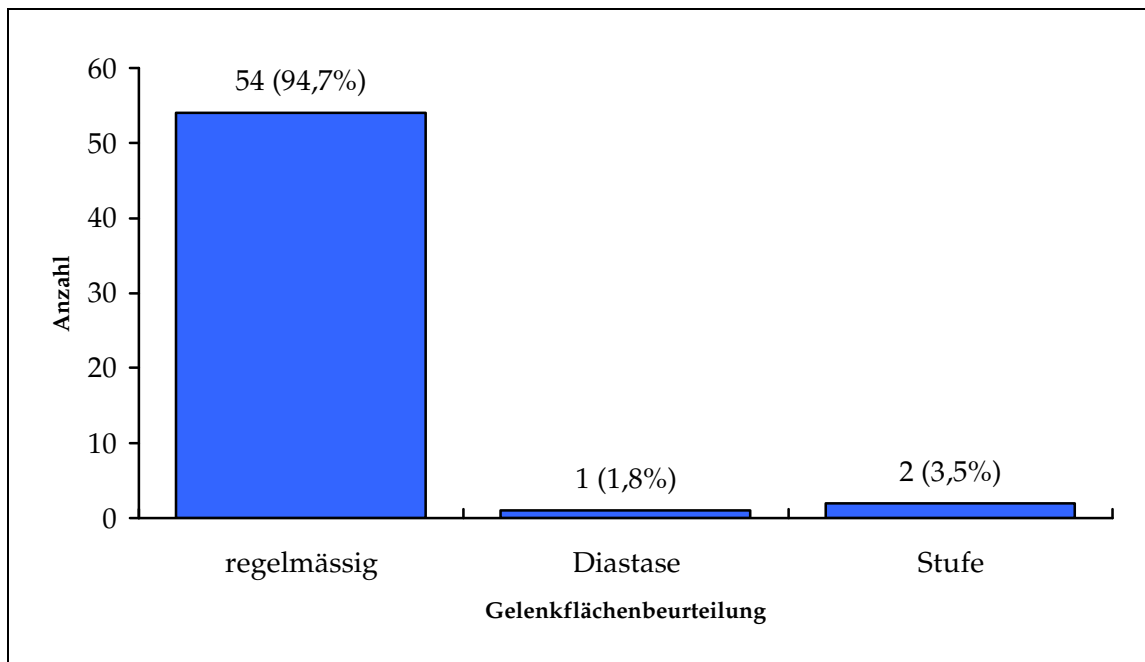
Bezüglich des dorsopalmaren Neigungswinkels zeigte sich ein maximaler Korrekturverlust von 20 Grad (Mittelwert 2,67).

**Tab. 20:** Korrekturverlust hinsichtlich des dorsopalmaren Neigungswinkels

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Korrekturverlust Dorsopalmarer Neigungswinkel	0	20	2,67	4,04

### **Gelenkfläche**

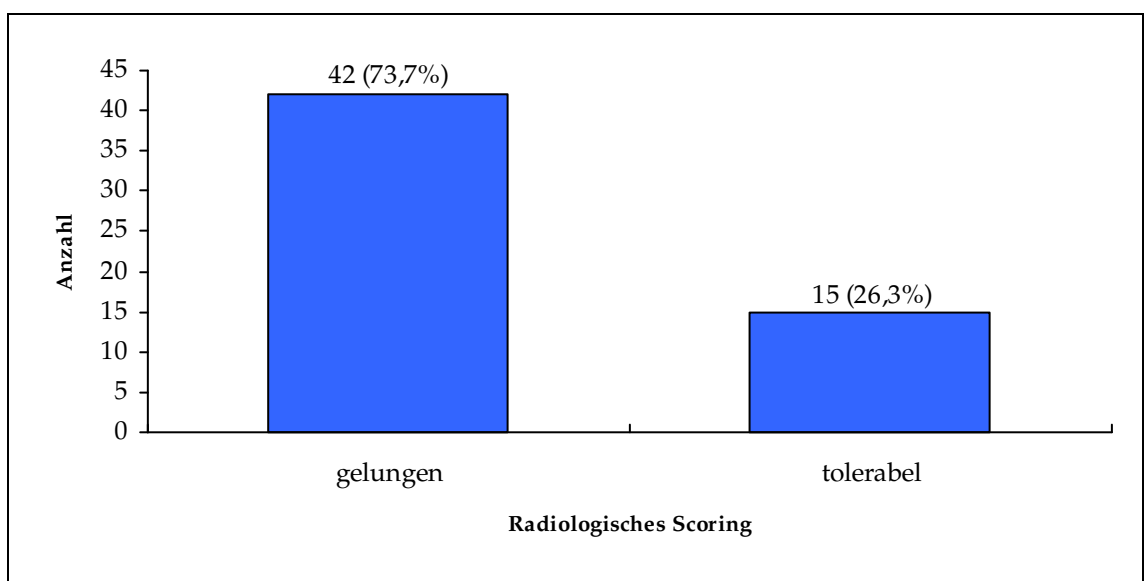
Die Gelenkflächenbeurteilung der Röntgenaufnahmen zum Nachuntersuchungszeitpunkt zeigte bei 94,7 % (n=54) der nachuntersuchten Patienten keine Stufen- oder Diastasenbildung. In 1,8% (n=1) wurde eine Diastase von mehr als 2 mm, in 3,5% (n=2) eine Stufe von mehr als 1 mm nachgewiesen.



**Abb. 40:** Gelenkflächenbeurteilung

### 5.8.2. Radiologischer Score AO-Arbeitsgruppe „Distaler Radius“ 1997 Radiologischer Score gesamt

Die Auswertung der Röntgenbilder zum Zeitpunkt nach der Operation und der Nachuntersuchung zeigte bei allen 57 nachuntersuchten Patienten bei 73,7 % (n=42) ein als gelungen und bei 26,3% (n=15) ein als tolerabel einzuschätzendes Ergebnis. Ein nach genanntem Score schlechtes Ergebnis wurde nicht verzeichnet.



**Abbildung 41:** Radiologischer Score, alle Patienten



### Radiologisches Scoring in Abhängigkeit vom Frakturtyp

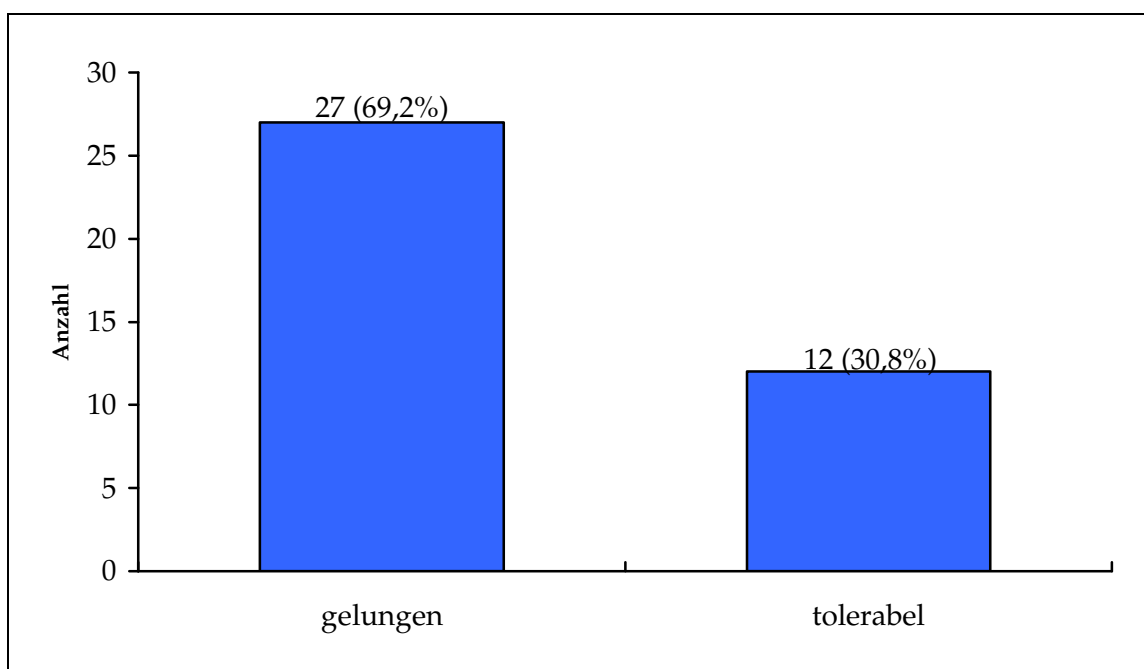
Die radiologischen Ergebnisse wurden für Patienten mit intra- und extraartikulären Frakturen gesondert erfasst.

**Tab. 21:** Kreuztabelle: intra-/extraartikuläre Fraktur \* radiolog. Score

Frakturtyp	radiolog. Score		Gesamt
	gelingen	tolerabel	
extraartikuläre Fraktur	27	12	39
intraartikuläre Fraktur	15	3	18
	42	15	57

### Extraartikuläre Frakturen

Die 39 Patienten mit extraartikulären Frakturen wiesen zu 69,2 % (n=27) ein gelungenes und zu 30,8% (n=12) ein tolerables Ergebnis auf.



**Abb. 42:** Radiologischer Score für extraartikuläre Frakturen

### Intraartikuläre Frakturen

Bei den 18 nachuntersuchten Patienten mit intraartikulären Frakturen lagen 83,3 % (n=15) gelungene und 16,7% (n=3) tolerable radiologische Ergebnisse vor.

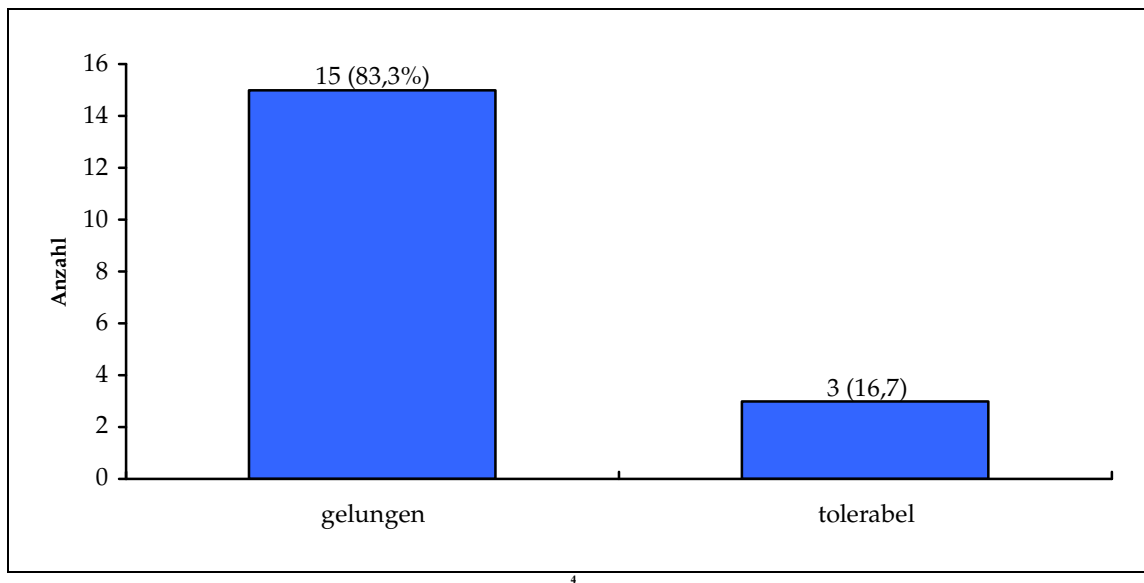


Abb. 43: Radiologischer Score für intraartikuläre Frakturen

Durch den Chi-Quadrat-Test nach Pearson konnte keine Signifikanz im Unterschied des radiologischen Scorings bei intra- und extraartikulären Frakturen nachgewiesen werden ( $p=261$ ).

### Radiologischer Score nach AO-Typen

Auch nach der Frakturklassifikation der AO erfolgte eine gesonderte Ausarbeitung der radiologischen Ergebnisse.

Tab. 22: Kreuztabelle: Frakturtyp \* radiolog. Score

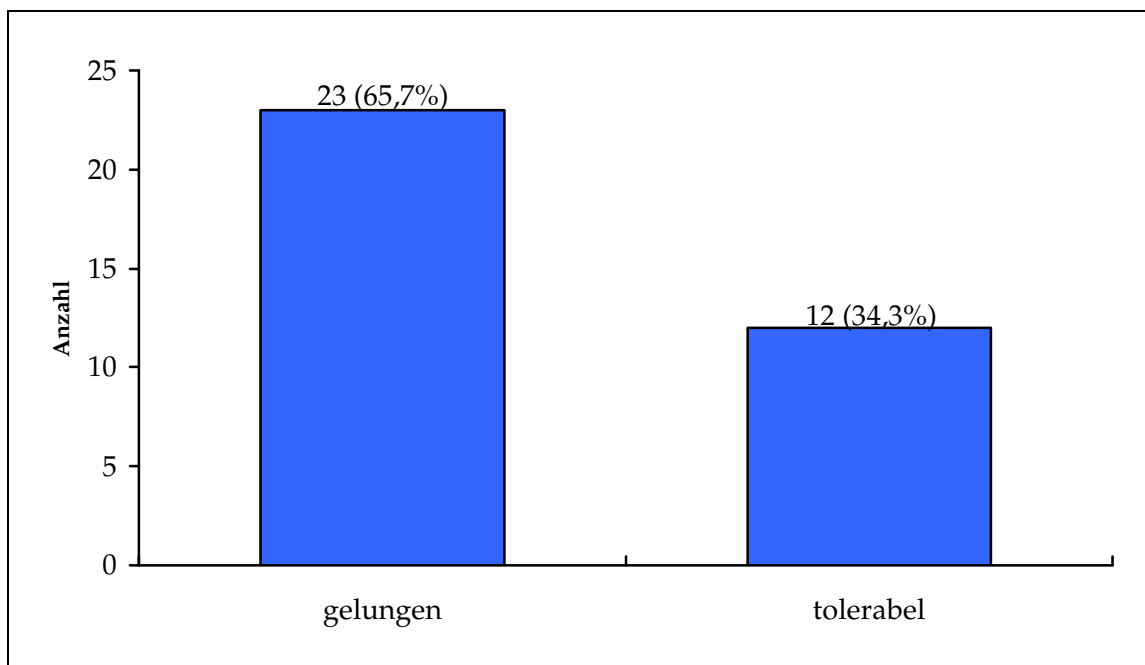
Frakturtyp	radiolog. Score		Gesamt
	gelungen	tolerabel	
A2	4		4
A3	23	12	35
C1	7		7
C2	6	2	8
C3	2	1	3
	42	15	57

### **A2-Frakturen**

Alle 4 Frakturen vom AO-Typ A2 zeigten ein gelungenes radiologisches Resultat.

### **A3-Frakturen**

Die 35 extraartikulären instabilen Frakturen wurden zu 65,7 % (n=23) mit einem gelungenen und zu 34,3% (n=12) mit einem tolerablen radiologischen Ergebnis bewertet.



**Abb. 44:** Radiologischer Score A3-Frakturen

### **C1-Frakturen**

Alle 7 stabilen intraartikulären Frakturen zeigten ein gelungenes radiologisches Ergebnis.

### **C2-Frakturen**

Bei den 8 Frakturen vom AO-Typ C2 zeigte sich in 75% (n=6) ein gelungenes, in 25% (n=2) ein tolerables radiologisches Resultat.

### C3-Frakturen

Die radiologischen Verhältnisse nach Versorgung der 3 komplexen intraartikulären Frakturen wurden nach dem genannten Score in 66,6% (n=2) als gelungen und in 33,3 % (n=1) als tolerabel eingeschätzt.

Die einzelnen Fraktur-Untertypen wiesen statistisch hinsichtlich des erhobenen radiologischen Scores keine signifikanten Unterschiede auf. Nach dem Chi-Quadrat-Test nach Pearson lag keine Signifikanz vor ( $p=0,271$ ).

### 5.9. DASH-Score

#### DASH-Score für alle Patienten

Die Auswertung des funktionellen Status mittels des DASH-Scores zeigte bei den 57 nachuntersuchten Patienten einen Mittelwert von 18,84 (Minimum 0; Maximum 63,33; Standardabweichung 16,08).

Tab. 23: DASH-Score aller nachuntersuchten Patienten

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
DASH-Score	57	0,00	63,33	18,8438	16,0812

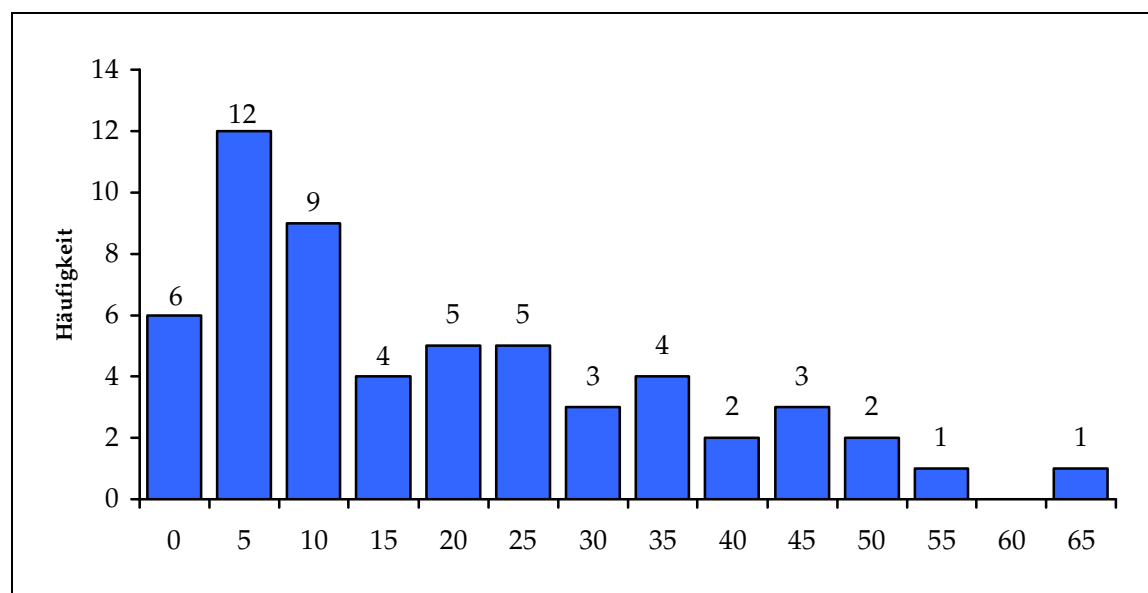


Abb. 45: DASH-Scoring aller nachuntersuchten Patienten

## **DASH-Score in Abhängigkeit vom Frakturtyp**

### **A2-Frakturen**

Der mittlere DASH-Score bei den 4 Patienten mit einer A2-Fraktur lag bei 15,6 (Median 7,9).

### **A3-Frakturen**

Die DASH-Auswertung war bei 71,6% (n=35) der 49 A3-Frakturen möglich. Bei diesen A3-Frakturen wurde ein mittlerer DASH-Score von 18,9 angegeben (Median 11,66).

### **C1-Frakturen**

Alle DASH-Bögen der 7 Patienten mit einer C1-Fraktur konnten zur Auswertung herangezogen werden. Bei den C1-Frakturen lag der mittlere DASH bei 18,9 (Median 13,3).

### **C2-Frakturen**

Bei allen 8 Patienten mit einer C2-Fraktur war die Auswertung der DASH-Bögen möglich. Die Ermittlung des DASH-Scores für die C2-Frakturen zeigte einen mittleren Score von 22,3 (Median 20,9).

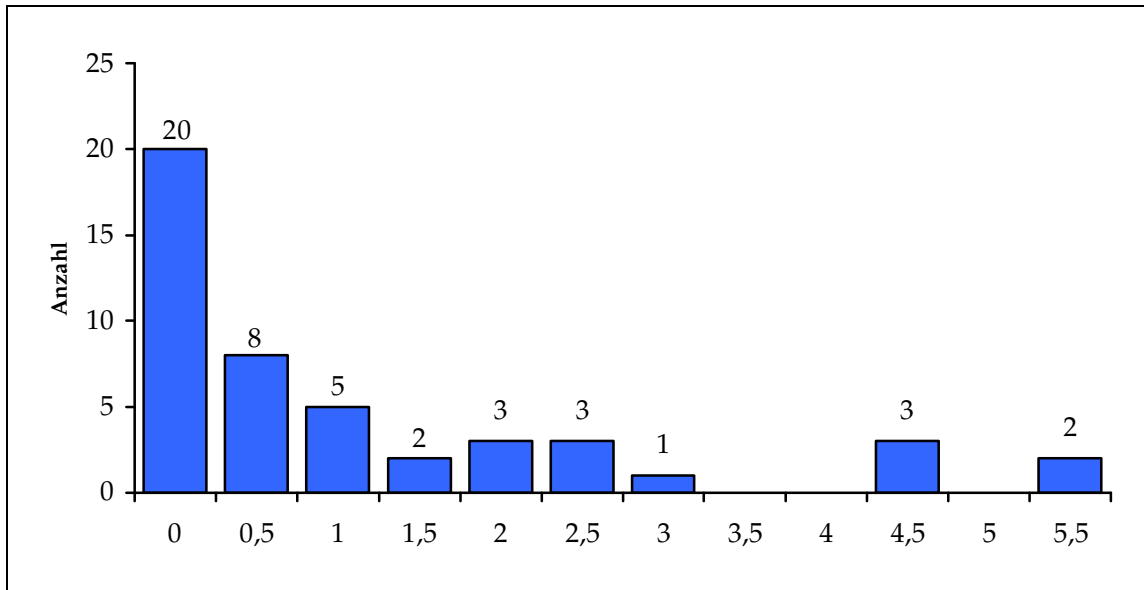
### **C3-Frakturen**

Der mittlere DASH-Score bei den 3 C3-Frakturen lag bei 12,2 (Median 11,6).

## **5.10. Visuelle Analogskala (VAS)**

### **VAS Schmerz an der Bruchstelle**

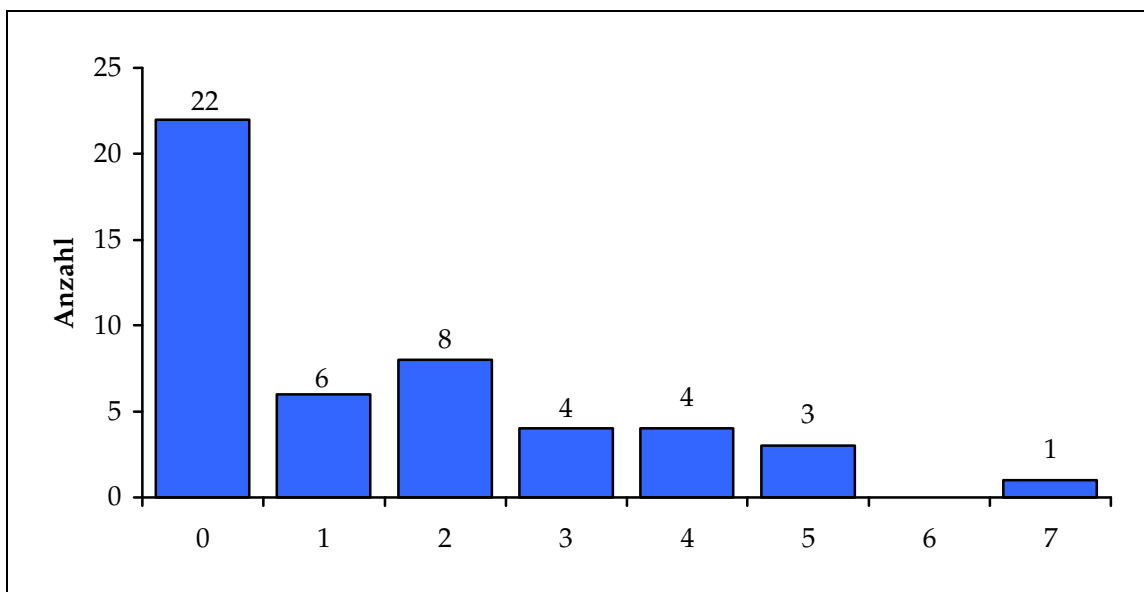
82,5 % (n=47) der 57 nachuntersuchten Patienten schätzten ihre Schmerzen an der Bruchstelle mittels der visuellen Analogskala ein. Von diesen 47 Patienten gaben 42,5% (n=20) eine VAS von 0 an. 4,2 % (n=2) dokumentierten eine maximale VAS von 5,5. Der Mittelwert lag bei 1,153; der Median bei 0,3.



**Abb. 46:** VAS Schmerz an der Bruchstelle

### VAS Schmerz bei Bewegung

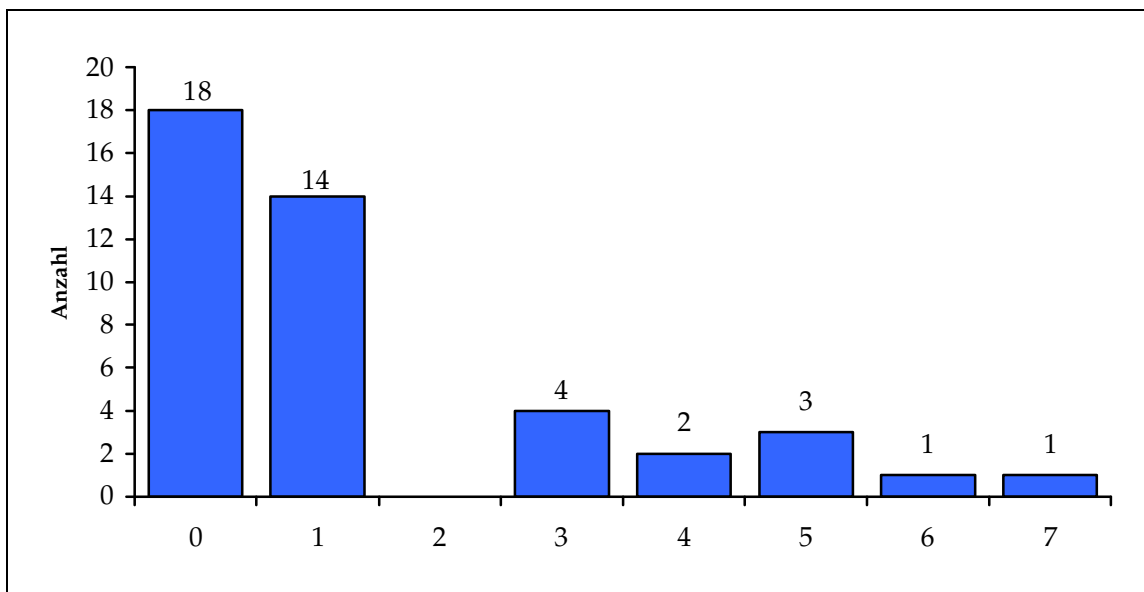
Die VAS-Einschätzung des Schmerzempfindens bei Bewegungen des verletzten Handgelenkes wurde von 84,2 % (n=48) vorgenommen. Hierbei handelte es sich in 45,8% (n=22) um eine VAS von 0. In 2,1% (n=1) wurde eine VAS von 7 festgestellt. Der Mittelwert lag hier bei 1,46; der Median bei 0,55.



**Abb. 47:** VAS Schmerz bei Bewegung

### VAS Zufriedenheit mit der Behandlung

Von 75,4% (n=43) der nachuntersuchten Patienten wurde die Zufriedenheit mit der Behandlung ebenfalls mittels der VAS dokumentiert. Hierbei zeigte sich ein Mittelwert von 1,414 und ein Median von 0,7. In 41,8% (n=18 ) wurde eine VAS von 0 festgehalten, in 2,3 % (n=1) eine VAS von 7.



**Abb. 48:** VAS Zufriedenheit mit der Behandlung

## **6. Diskussion**

Das Ziel der Behandlung der distalen Radiusfraktur ist die rasche, sichere und vollständige Wiederherstellung der Funktion des betroffenen Handgelenkes und somit der ganzen Hand. Die Heterogenität der Frakturformen erfordert hierbei als ersten Schritt die exakte Diagnosestellung mit genauer Klassifikation unter Beachtung aller Fragmente und als zweiten Schritt die Erarbeitung differenzierter Therapiestrategien und -algorithmen [Krishnan 2002, Ruch et al. 2004, Uzdil et al. 2001]. Um dem Behandlungsziel gerecht zu werden, sind in jedem Falle eine möglichst anatomische Reposition und sichere Retention der Fraktur anzustreben, um eine möglichst frühzeitige funktionelle Nachbehandlung zu ermöglichen [Fernandez und Jupiter 1995, Rikli und Babst 2003, Smith et al. 2004, Sommer et al. 2001]. Während dies bei stabilen Frakturen durch konservative oder semioperative Massnahmen oder bei extraartikulären Flexionsfrakturen mittels einer palmaren Abstützplattenosteosynthese erreicht werden kann, stellen die instabilen intra- oder extraartikulären Extensionsfrakturen des distalen Radius eine besondere Situation dar [Fernandez und Jupiter 1995, van Schoonhoven et al. 1999]. Die Einführung der winkelstabilen Implantate am distalen Radius ermöglichte die sichere Fixierung der Fragmente auch bei komplexen Extensionsfrakturen sowohl über den dorsalen als auch über einen komfortablen und sicheren palmaren Zugang.

### **Alters- und Geschlechtsverteilung**

Die Alters- und Geschlechtsverteilung entspricht in dem hier untersuchten Patientengut mit einem Altersdurchschnitt von 63,2 Jahren und einem deutlich hohen Anteil an Frauen der anderer Studien [Orbay und Fernandez 2004, Sakhaei et al. 2003, Uzdil et al. 2001]. Weitere Studien berichten von einem deutlich jüngeren Patientengut [Schütz et al. 2003, Witzel et al. 2001].

### **Nachuntersuchungen**

Der Nachuntersuchungszeitraum der vorliegenden Studie betrug 14 +/- 11 Monate. 31 % (n=18) der 57 Patienten wurden vor Abschluss des 6.



postoperativen Monats, 23% (n=13) vom 7.-12. postoperativen Monat und 46% (n=26) nach Abschluss des ersten postoperativen Jahres nachuntersucht. In der Studie von Uzdil [Uzdil et al 2001] betrug der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum 13,4 Monate in der Gruppe der 2,4/2,7 mm-Platte und 17,8 Monate in der Gruppe der konventionellen T-Platte, jedoch wurden hier die Nachuntersuchungen nicht vor Ablauf des 6. postoperativen Monats anberaumt. Somit können in allen zitierten Studien keine Langzeitergebnisse, sondern erste bis mittelfristige Ergebnisse berichtet werden. Dies spiegelt sich in erster Linie im funktionellen Outcome wider, während die radiologischen Ergebnisse hiervon nicht beeinflusst wurden. Die gleichen Beobachtungen trafen Sakhaei et al. [Sakhaei et al. 2003]. Es ist davon auszugehen, dass bei einer Nachuntersuchungszeit von mindestens 12 Monaten bei allen Patienten ein besseres funktionelles Ergebnis hätte nachgewiesen werden können.

#### **Frakturverteilung/ Fallzahl / Frakturdaten**

In der vorliegenden Untersuchung und in der Studie von Uzdil [Uzdil et al. 2001] wurden die Frakturtypen nach der AO-Klassifikation unterschieden. Im Vergleich zur Gesamtzahl der in der Studienklinik im Untersuchungszeitraum behandelten Patienten war der Anteil der mit einer T-LCP 3,5 mm versorgten Frakturen vergleichsweise gering. Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der dislozierten Extensionsfraktur wurde im Untersuchungsintervall lediglich in 75 (21,5%) von insgesamt 348 Fällen mit der T-LCP 3,5 mm ausgeführt. Im Gegensatz dazu wurde im gleichen Zeitraum die 2,4/2,7 mm-Platte in 272 Fällen (78,2%) und die LCP 2,4 mm in einem Fall (0,3%) eingesetzt. Da die Wahl des Implantates nicht reglementiert wurde, zeigt sich in der vorliegenden Untersuchung, dass die T-LCP 3,5 mm überwiegend bei der Versorgung der extraartikulären Radiusextensionsfraktur (76% der Fälle; n= 57) zum Einsatz kam, die C-Frakturen machen lediglich 24% der Fälle aus (n=18). Komplexere Frakturtypen wurden zumeist mit der grazileren 2,4/2,7 mm-Platte operiert. So wurden im Untersuchungszeitraum 149 C-Frakturen mit der 2,4/2,7 mm-Platte versorgt. Dies veranschaulicht, dass durch das grazilere Design der 2,4/2,7 mm-Platte auch bei komplexerem

Frakturmuster und höhergradiger Osteoporose eine extrem subchondrale Verankerung der winkelstabilen Elemente möglich ist, was wiederum eine stabilere Frakturversorgung gestattet. Bei der grösser dimensionierten T-LCP 3,5 mm sind auch die winkelstabilen Schrauben grösser, es können lediglich 3 bis maximal 4 winkelstabile Schrauben im distalen Fragment eingebracht werden. Die Platte muss in ihrer schrägen Ausführung vom Operateur an die individuellen Verhältnisse angepasst (gebogen) werden. Das Plattendesign erlaubt eine nicht so extrem subchondrale Platzierung der Schrauben.

### **Begleitverletzungen**

Bei 74 der in diese Untersuchung aufgenommenen 75 Patienten lagen keine wesentlichen begleitenden Weichteilschäden vor (ein polytraumatisierter Patient erlitt eine zweitgradig offene Fraktur). Die Suche nach ligamentären karpalen Begleitverletzungen erfolgte nach den radiologischen Kriterien anhand der Unfallaufnahmen: Weite des scapholunären Gelenkspaltes und intraartikulär sagittaler Frakturverlauf mit Projektion auf den scapholunären Spalt. Nach der operativen Stabilisierung der Fraktur erfolgte in jedem Fall eine kinematographische Beurteilung der scapholunären Bandstabilität unter Bildverstärker. Dies steht im Gegensatz zu Ergebnissen einer Untersuchung von Schädel-Höpfner et al., in der sich bei 84 (69%) von 122 arthroskopisch untersuchten Radiusfrakturen Läsionen des scapholunären Bandapparates fanden, wobei zumeist dynamische Instabilitäten vorlagen [Schädel-Höpfner et al. 2001]. Rappold et al. berichten in einer Übersichtsarbeit ebenfalls von in ca. zwei Drittel aller distaler Radiusfrakturen zu beobachtenden karpalen Begleitverletzungen wie TFCC-Ruptur 55%, SL-Dissoziation 27%, Scaphoidfraktur 5% oder LT-Dissoziation 3% [Rappold et al. 2001].

Eine arthroskopische Kontrolle der Bandstrukturen erfolgte in dem untersuchten Patientengut nicht, somit kann nicht ausgeschlossen werden, dass eventuell vorliegende karpale Bandläsionen nicht erfasst wurden. Klinisch sind jedoch bis zur Nachuntersuchung in keinem Fall karpale Instabilitäten relevant geworden.

In dem untersuchten Krankengut lag in 38,7% der Fälle (n=29) eine Fraktur des Processus styloideus ulnae vor. Eine Unterscheidung der Frakturlokalisation (Spitze oder Basis des Processus) und des Dislokationsgrades zur Abschätzung eines Risikos der Instabilität im distalen Radioulnargelenk erfolgte nicht [May et al. 2002].

Die Stabilität des distalen Radioulnargelenkes wurde nach radiologischen Aspekten (Gelenkweite, Ulnastellung im seitlichen Strahlengang, Kongruenz) und ebenfalls durch eine dynamische Untersuchung nach Stabilisierung des Radius am Ende jeder Operation durch eine a.p.-Aufnahme in forcierter Radial- und Ulnarabduktion des Handgelenkes durchgeführt. Eine primäre Instabilität konnte bei den vorliegenden Patienten in keinem Fall nachgewiesen werden. Eine Fixierung des frakturierten Processus styloideus ulnae erfolgte in keinem Fall. Eine Konsequenz hinsichtlich einer postoperativen Ruhigstellung ergab sich aus einer alleinigen Fraktur des Processus styloideus ulnae nicht.

Die Nachuntersuchungen zeigten bei 3,5% (n=2) der 57 nachuntersuchten Patienten eine klinisch und radiologisch relevante Instabilität im distalen Radioulnargelenk. Daraus lässt sich schließen, dass in dem untersuchten Patientengut durch das Bestreben der möglichst exakten Rekonstruktion der Radiuslänge, der Radiuswinkel und insbesondere der sicheren Fixierung der ulnaren Schlüsselfragmente bei intraartikulären Frakturen eine ausreichende Stabilisierung auch des distalen Radioulnargelenkes erfolgte.

Beim Vorliegen einer distalen Unterarmfraktur (12%, n=9) erfolgte lediglich bei einer ausgedehnten Trümmerzone des Radius und der Ulna die Stabilisierung auch der Ulnafraktur (n=2). Bei den restlichen 7 Fällen stellte sich die Ulnafraktur nach Reposition und Stabilisierung des Radius gut ein. In allen 9 Fällen wurde die postoperative Gipsretention von mindestens 2 Wochen (zirkulärer gespaltener Unterarmgips) angefügt. Auf eine Oberarmgipsruhigstellung konnte verzichtet werden, da auch bei diesen Frakturen die Stabilitätsprüfung am Ende der Operation folgte und eine instabile Situation in keinem Fall nachgewiesen wurde.

### **Knochentransplantation / Knochenersatz**

Lediglich bei 5,4% (n=4) der Patienten wurde zusätzlich zur winkelstabilen Plattenosteosynthese eine autologe Spongiosaplastik bzw. die Implantation eines kortikospongiösen Spanes vorgenommen. Synthetische oder bovine Knochenersatzstoffe kamen nicht zum Einsatz. Heilungsstörungen wie delayed oder non union wurden im Verlauf nicht beobachtet, alle Frakturen heilten zeitgerecht knöchern aus. Ursächlich kann dies auf die hohe Primärstabilität der winkelstabilen Osteosynthese zurückgeführt werden, die nach einer Untersuchung von Leung et al. der des intakten Radius vergleichbar ist [Leung et al. 2003]. Diese Erfahrungen führten zu der Überzeugung, dass auch bei grösseren dorsalen Trümmerzonen selbst beim osteoporotischen Knochen eine Spongiosaplastik nicht erforderlich und eine knöcherne Heilung trotzdem gewährleistet ist.

Die zusätzliche dorsale Abstützung bleibt somit Einzelfällen vorbehalten, bei denen extreme metaphysäre Substanzverluste bzw. Trümmerzonen kombiniert mit komplexem intraartikulären Frakturverlauf vorliegen. In diesen speziellen Fällen kann sogar eine dorsale Osteosynthese über einen kleinen Zugang z.B. mit einer 2,4 mm Platte zur zusätzlichen Stabilisierung indiziert sein. Dies erfolgte in der hier vorliegenden Untersuchung in einem Fall.

### **Komplikationen**

Sehnenrupturen sind eine schwerwiegende Komplikation nach der operativen Stabilisierung distaler Radiusfrakturen über einen dorsalen operativen Zugang [Kamano et al. 2002]. Einige Autoren berichten in diesem Zusammenhang von Rupturen der Beugeschnen, insbesondere der Sehne des M. flexor pollicis longus [Bell et al. 1998, Nunley und Rowan 1999]. In seltenen Fällen kann die Sehnenverletzung erheblich verzögert auftreten [Wada et al. 1999]. Strecksehnenrupturen, insbesondere die Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus, kommen selbst bei unverschobenen Radiusfrakturen in 0,7% der Fälle vor [Heidemann et al. 2002]. Bei 3 unserer nachuntersuchten 57 Patienten (5,3%) kam es im Verlauf zu einer Ruptur der Sehne des M. extensor pollicis longus, was eine Revisions-Operation zur Folge hatte. Dies wurde auch

von Sakhaei beobachtet [Sakhaei et al. 2003]. In allen 3 Fällen der vorliegenden Untersuchung zeigten die radiologischen Kontrollen kein dorsales Übertreten der winkelstabilen selbstschneidenden Schrauben und somit eine chronische Alteration der Strecksehne. Zu vermuten ist hier einerseits eine frakturbedingte Schädigung der Sehne im Bereich der dorsalen Trümmerzone durch Einengung des 3. Strecksehnenfaches am Listerschen Tuberkel oder andererseits eine intraoperative Läsion der Sehne durch den über die winkelstabile Bohrbüchse eingeführten Bohrer [Heidemann et al. 2002, Lowry et al. 2000].

Während in anderen Untersuchungen eine Rate der sympathischen Reflexdystrophie von 5% angegeben wird [Dumont et al. 2003], war in dem hier nachuntersuchten Patientenkollektiv wie auch in den vorhergehenden Untersuchungen unserer Klinik kein Fall der sympathischen Reflexdystrophie zu verzeichnen [Uzdil et al. 2001], was den spektakulärsten Effekt des gesamten Behandlungsregimes darstellt. Unser Vorgehen beinhaltete neben der schonenden Erstreposition unmittelbar posttraumatisch keine weitere Manipulation im Frakturbereich. Post operationem sieht der Behandlungsalgorithmus eine frühfunktionelle, schmerzfreie Nachbehandlung der Finger und des Handgelenkes beginnend nach der Entfernung der Drainage am 2. postoperativen Tag durch Physio- und Ergotherapie vor. Dieser entscheidende Vorteil der winkelstabilen Versorgung wird inzwischen auch von verschiedenen Autoren gewürdigt [Krimmer et al. 2004, Lee et al. 2003, Schütz et al. 2003, Smith et al. 2004, Tang et al. 1999].

### **Scoring-Systeme**

Die Nachuntersuchungsergebnisse dieser Arbeit wurden mit mehreren Scoring-Systemen ausgewertet, die eine Vergleichbarkeit mit früheren eigenen Untersuchungen und in der Literatur zitierten Studien ermöglichen [Uzdil et al. 2001]. Die funktionelle Situation wurde mit dem Score von Cooney und Bussey von 1985 (Modifikation des Green und O'Brien Scores von 1978) erfasst [Cooney et al. 1987, Green und O'Brien 1978]. Dieser Score ist zwar strenger als z.B. der von Gartland und Werley [Gartland und Werley 1951, Sakhaei et al. 2003], lässt aber subjektive (Schmerz- und funktionell-sozialer Status) und

objektive Kriterien (Kraftverhältnisse und die Bewegungsausmasse der Handgelenke) einfließen und bietet somit eine umfassende und sehr kritische Beurteilung der Handgelenksfunktion. Die radiologischen Ergebnisse wurden nach dem Score der Arbeitsgruppe „distale Radiusfraktur“ der Deutschen Sektion der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) von 1997 ausgewertet. Dieser übersichtliche und leicht praktikable Score ermittelt an Punktwerten die Behandlungsergebnisse der Speichenlänge, des Radioulnaren und Dorsopalmaren Neigungswinkels und der Gelenkflächensituation und bewertet extra- und intraartikuläre Frakturen gesondert [Petračić et al. 1998].

Weiterhin wurde der funktionelle Status durch den DASH-Score ermittelt, da dieser als ein praktikables, zuverlässiges und valides Instrument zur Beurteilung der Behandlungsergebnisse der distalen Radiusfraktur anerkannt ist [Germann et al. 1999]. Die Schmerzempfindung und die Zufriedenheit mit der Behandlung der Fraktur wurden mit der Visuellen Analogskala nach Scott erfasst, um einen allgemeinen Gradmesser der Akzeptanz der Behandlungsmassnahmen bei unseren Patienten zu erhalten [Scott und Huskinson 1976].

### **Vergleich des funktionellen Scorings mit der Studie Uzdil et al. [Uzdil et al. 2001]**

In den beiden Untersuchungen zeigten sich folgende Ergebnisse des funktionellen Scores nach Cooney und Bussey.

**Tab. 24:** Studienvergleich nach dem Cooney/Bussey-Score

	3,5 mm T-Platte		2,4/2,7 mm		LCP 3,5 mm	
	n	%	n	%	n	%
excellent	18	24,7	34	57,6	19	33,3
gut	26	35,6	17	28,8	12	21,1
ausreichend	20	27,4	8	13,6	20	35,1
unzureichend	9	12,3			6	10,5
gesamt	73	100	59	100	57	100

Es fällt hierbei auf, dass das funktionelle Outcome der winkelstabilen 2,4/2,7 mm Platte und der 3,5 mm LCP unterschiedlich ausfielen, die 2,4/2,7 mm Platte erzielte in 86,4% der Fälle ein exzellentes oder gutes Ergebnis, während bei der LCP 3,5 mm 54,4% exzellente und gute Ergebnisse zu verzeichnen waren. Die statistische Auswertung dieses Scoring-Ergebnisses zeigte zum einen, dass die Gruppe der 2,4/2,7 mm-Platte gegenüber der Gruppe der konventionellen T-Platte ein signifikant besseres Ergebnis erzielte (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,001$ ) [Uzdil et al. 2001]. Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest zeigte in allen 3 Gruppen eine Normalverteilung. Der Vergleich der dieser Untersuchung zugrunde liegenden Gruppe der T-LCP 3,5 mm mit den beiden anderen Gruppen aus der Referenzstudie zeigte nach dem Duncan-Test signifikante Unterschiede ( $p < 0,0001$ ). Die Gruppe der der T-LCP 3,5 mm wies nach dem T-Test kein signifikant besseres funktionelles Outcome nach Cooney und Bussey gegenüber der konventionellen 3,5 mm T-Platte auf ( $p = 0,796$ ). Die Gruppe der 2,4/2,7 mm Platte zeigte hingegen im T-Test signifikant bessere funktionelle Ergebnisse ( $p < 0,0001$ ) als die Gruppe der T-LCP 3,5 mm. Eine Erklärung für die Unterschiede im funktionellen Outcome könnte die kürzere Nachuntersuchungszeit der vorliegenden Untersuchung sein, denn die Patienten wurden zum Teil 3 Monate nach der Operation nachuntersucht, während die Patientengruppe der 2,4/2,7 mm Platte nach durchschnittlich 13,2 Monaten (mindestens jedoch 6 Monate) nachuntersucht wurden. Ähnliche Einschätzungen trafen Sakhaei et al. [Sakhaei et al. 2003]. Bedeutsam scheint weiterhin die Dimensionierung der Implantate zu sein. Die T-LCP 3,5 mm ist im Vergleich zur 2,4/2,7 mm-Platte deutlich stärker und trägt insgesamt mehr auf. Hinzu kommt die Notwendigkeit der intraoperativen Zurichtung der Platte durch den Operateur und als Folge hiervon ein oft abstehendes distales Plattenende, wenn die winkelstabilen Schrauben subchondral platziert werden. Dies alteriert möglicherweise die palmaren Weichteilstrukturen. Ein weiterer Grund ist möglicherweise die bessere Fixierungsmöglichkeit kleinerer artikulärer Fragmente durch die variabel einzubringenden Schrauben und Bolzen der 2,4/2,7 mm-Platte, dies macht sich in der täglichen Praxis besonders

bei der Einbeziehung des ulnaren palmaren oder dorsalen Fragments bemerkbar. Hieraus resultiert eine bessere Stabilisierung der ulnaren Säule und letztlich des distalen radioulnaren Gelenks. Die Arbeit von Thielke et al. berichtete von ähnlichen Ergebnissen, im hier verwandten Score von Gartland und Werley wurden 35% exzellente, 50% gute und 15% ungenügende Ergebnisse nachgewiesen [Thielke et al. 2003]. Sakhaei et al. beobachteten nach dem ebenfalls verwandten Cooney-Bussey- Score bei der Auswertung von 100 Frakturen zu 55% gute und sehr gute Ergebnisse. Sie stuften die Ergebnisse auch nach dem Score von Sarmiento und Lidström ein und erzielten hier mit 71 bzw. 74% gute und sehr gute Ergebnisse [Sakhaei et al. 2003]. Dumont et al. beobachteten nach dem Lidström-Score 23% exzellente, 58% gute, 15% befriedigende und 4 % schlechte Ergebnisse bei der Nachuntersuchung von 200 Patienten nach palmarer Plattenosteosynthese einer distalen Radiusfraktur. Der Gartland und Werley Score zeigte 66% exzellente, 24% gute, 6% befriedigende und 4% schlechte Ergebnisse [Dumont et al. 2003]. Kamano et al. berichten in einer Nachuntersuchung von 33 Patienten mit einer winkelstabilen palmaren Plattenosteosynthese des distalen Radius von 12 excellenten, 20 guten und einem befriedigenden Ergebnis nach dem Gartland und Werley Score [Kamano et al. 2002]. Die Studie von Lee et al. schätzte die Ergebnisse der untersuchten 19 Patienten mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Radius ebenfalls nach dem Gartland und Werley-Score ein. Hier zeigten sich 16% exzellente, 63% gute und 21 % befriedigende Ergebnisse [Lee et al. 2003].

### **Vergleich des radiologischen Scorings mit der Studie Uzdil et al. [Uzdil et al. 2001]**

Hinsichtlich des radiologischen Scores zeigte sich folgende Verteilungen (Tab. 25):



**Tab. 25:** Studienvergleich Radiologischer Score

	3,5 mm T-Platte		2,4/2,7 mm		LCP 3,5 mm	
	n	%	n	%	n	%
Gelungen	43	31,5	40	67,8	42	73,7
Tolerabel	23	58,9	19	32,2	15	26,3
unzureichend	7	9,6				
Gesamt	73	100	59	100	57	100

Der Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest zeigte wiederum in allen 3 Gruppen eine Normalverteilung. Auch der Vergleich der radiologischen Ergebnisse der dieser Untersuchung zugrunde liegenden Gruppe der T-LCP 3,5 mm mit den beiden anderen Gruppen aus der Uzdil-Studie [Uzdil et al. 2001] zeigte nach dem Duncan-Test signifikante Unterschiede ( $p < 0,0001$ ). Die Gruppe der der T-LCP 3,5 mm wies hinsichtlich des radiologischen Scorings der AO nach dem T-Test ein signifikant besseres Outcome gegenüber der konventionellen 3,5 mm T-Platte ( $p < 0,0001$ ) auf. Im Vergleich zur Gruppe der 2,4/2,7 mm Platte zeigte sich hingegen im T-Test hinsichtlich des radiologischen Ergebnisses kein signifikanter Unterschied in der Gruppe der T-LCP 3,5 mm ( $p = 0,49$ ). Radiologisch ist der Vorteil der winkelstabilen Verankerung des distalen Fragmentes unübersehbar, da ein Korrekturverlust minimiert und bei korrekter OP-Technik sogar ausgeschlossen werden kann. Die erzielten Werte der Korrekturverluste waren geringer als in den Studien von Felderhoff und Basten, die eine Gruppe von nicht winkelstabilen Platten untersuchten [Basten et al. 1999, Felderhoff et al. 1999]. Felderhoff et al. untersuchten 147 Frakturen (109 C-Frakturen) in einem Nachuntersuchungszeitraum von 3,4 Jahren. Hier wurde ein Korrekturverlust des radioulnaren Neigungswinkel von 10 Grad und der dorsopalmaren Neigungswinkel von 12 Grad festgestellt [Felderhoff et al. 1999]. Basten et al. berichten über 76 Frakturen (35 C-Frakturen), die ebenfalls mit der konventionellen T-Platte versorgt wurden. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 8 Monate. Der Korrekturverlust des radioulnaren Neigungswinkels betrug 11 Grad, der für den dorsopalmaren Neigungswinkel 10 Grad und der radioulnare Index betrug -1,8 mm [Basten et

al. 1999]. Eine Studie von Krimmer et al. über 62 Frakturen (3 A2, 24 A3, 7 B3, 14 C1, 9 C2 und 5 C3-Frakturen), die mittels einer palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese versorgt wurden, mit einem mittleren Nachuntersuchungszeitraum von 11 Monaten bestätigte die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit, nämlich, dass kein wesentlicher Korrekturverlust zu verzeichnen war [Krimmer et al. 2004]. Thielke et al. berichten von 49 dislozierten intraartikulären Frakturen (21 C1, 19 C2, 9 C3-Frakturen), die mit einer winkelstabilen palmaren Platte versorgt wurden. Hier wurde ein Korrekturverlust des radioulnaren und dorsopalmaren Winkels um jeweils 1 Grad beschrieben. Der radioulnare Index betrug – 1 mm [Thielke et al. 2003]. In der Arbeit von Dumont et al. wurden 166 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 59 Jahren nachuntersucht (10 A2, 45 A3, 19 B1, 10 B2, 24 C1, 40 C2, 19 C3), bei denen eine palmare konventionelle Plattenosteosynthese einer instabilen distalen Radiusfraktur erfolgt war. Hier kam der radiologische Score nach Lidström zum Einsatz, der in 88,3% exzellente und gute und in 11,7% genügende Ergebnisse nachwies. Der Korrekturverlust des dorsopalmaren Winkels betrug 3 Grad, die mittlere Verkürzung des Radius betrug 1,5 mm [Dumont et al. 2003]. Die in der Studie von Sakhaei et al. erzielten Resultate sind mit denen der vorliegenden Untersuchung vergleichbar. Hier wurde ein Korrekturverlust hinsichtlich des radioulnaren Index von weniger als 1 mm und des dorsopalmaren Neigungswinkels von 3 Grad beschrieben [Sakhaei et al. 2003]. Orbay und Fernandez berichteten in einer Untersuchung von 23 Patienten über einen Korrekturverlust von 6 Grad hinsichtlich des dorsopalmaren und 20 Grad des radioulnaren Winkels, der Radioulnare Index betrug weniger als 1 mm [Orbay und Fernandez 2004]. In der vorliegenden Untersuchung betrug der durchschnittliche Korrekturverlust des radioulnaren Index 0,72 mm bei den 57 nachuntersuchten Patienten. Der Korrekturverlust des radioulnaren Neigungswinkels betrug im Mittel 0,49°, der des dorsopalmaren Neigungswinkels 2,67°. Dies im Literaturvergleich günstige Ergebnis ist auf das spezielle operative Vorgehen bei der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese zurückzuführen. Hier wird das grösste Augenmerk auf eine unmittelbar subchondrale Platzierung der winkelstabilen

Elemente einer palmaren Platte in der subchondralen Zone unter der distalen Radiusgelenkfläche gelegt. Denn nur in dieser Zone findet sich selbst beim osteoporotischen Knochen genügend Halt dadurch, dass praktisch eine direkte Abstützung der Kortikalis der radialen Gelenkfläche erfolgt.



**Abb. 49:** anzustrebende unmittelbar subchondrale Lage der winkelstabilen Verankerungselemente (Dokumentation nach fallweise erfolgter Entfernung des Osteosynthesematerials, hier :2,4/2,7 mm Platte)

Nur durch diese exakte Plattenpositionierung kann der ganze Vorteil der winkelstabilen Implantate auch beim osteoporotischen Knochen ausnutzt werden.

Die Erhebung des DASH-Scores zeigte ein Ergebnis von 18,84 im Durchschnitt. Dieses gute Ergebnis unterstreicht die „Strenge“ des Cooney-Bussey-Scores und ist Ausdruck des Vorteiles einer frühfunktionellen Behandlung. Der durchschnittliche DASH-Score der Untersuchung von Krimmer ist dem in der vorliegenden Arbeit nahezu identisch [Krimmer et al. 2004].

Die Auswertung der VAS-Systeme im Rahmen der Nachuntersuchungen von distalen Radiusfrakturen wurde analog der Studie „LCP-DR 3.5mm“ der AO Clinical Investigation and Documentation durchgeführt. Vergleichbare Ergebnisse in der Literatur fanden sich ansonsten nicht.

## **7. Schlussfolgerung**

Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei der dislozierten Extensionsfraktur am distalen Radius ermöglicht durch ihre Praktikabilität, Sicherheit, und Komplikationsarmut die stabile Versorgung der Frakturen auch beim osteoporotischen Knochen.

Im klinischen Alltag hat sich der Einsatz der 3,5 mm T-LCP zur Versorgung der extraartikulären distalen Radiusfraktur bewährt, da diese Platte einfach zu handhaben ist und eine stabile Versorgung der instabilen Extensionsfrakturen ermöglicht. Dies gelingt besonders gut bei den extraartikulären Frakturen mit ausreichend grossem distalen Fragment auch bei ausgedehnter dorsaler Trümmerzone. Hier ist die korrekte Platzierung der distalen winkelstabilen Schrauben gut möglich.

Die geringe Anzahl komplexer Frakturformen in der vorliegenden Arbeit spiegelt wider, dass an unserer Klinik mit der 2,4/2,7 mm Platte ein Implantat vorliegt, das die Fixierung intraartikulärer Fragmente und die subchondrale Platzierung der distalen Verankerungselemente auch bei sehr schmalen distalen Fragmenten designbedingt besser gestattet.

Dieser Umstand dürfte der Grund dafür sein, dass beim ständig steigenden Behandlungsanspruch von Arzt und Patient zur stabilen Versorgung der komplexen Gelenkflächenfrakturen kleiner dimensionierte Implantate der Dimension 2,4 mm mit der Möglichkeit variabel einzubringender winkelstabiler Verankerungselemente im distalen Plattenschenkel in der Zukunft zunehmend Einsatz finden werden.

Die Auswertung der funktionellen Behandlungsergebnisse der vorliegenden Untersuchung bestätigt, dass der Einsatz der T-LCP 3,5 mm bei intraartikulären Frakturen nicht empfohlen werden kann.

Durch die selbst bei Osteoporose nachweisbare sichere und dauerhafte Retention der Fragmente ohne oder mit nur minimalem Korrekturverlust ist eine zusätzliche Stabilisierung des Knochens durch eine Spongiosaplastik, durch Implantation kortikospongiöser Späne oder von Knochenersatzmaterialien nicht erforderlich.

Unerlässlich hierzu ist jedoch die Verankerung der winkelstabilen Schrauben im unmittelbar subchondralen Anteil des distalen Fragments, da in dieser Zone selbst bei hochgradiger Osteoporose noch ein ausreichendes Widerlager für die Schrauben vorliegt und nur somit einem Korrekturverlust wirksam vorgebeugt werden kann.

Das Komplikationsrisiko der palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Radius ist als gering einzuschätzen. Insbesondere das Risiko eines posttraumatischen Karpaltunnelsyndroms kann vernachlässigt werden.

Die Winkelstabilität gestattet selbst bei eingeschränkter Knochenqualität eine frühfunktionelle Nachbehandlung. Langdauernde Ruhigstellungszeiten können somit weitgehend vermieden werden. Die Ausbildung der in früheren Nachuntersuchungen häufigen sympathischen Reflexdystrophie ist nur noch sehr selten zu beobachten.

Das in der vorliegenden Nachuntersuchung erzielte Ergebnis der VAS-Auswertung der Zufriedenheit mit der Behandlung (Mittelwert: 1,414) ist für die tägliche unfallchirurgische Arbeit und speziell für die differenzierte Behandlung der distalen Radiusfraktur sehr ermutigend.

## **8. Zusammenfassung**

Nach mehrjährigen Erfahrungen mit der palmar implantierten konventionellen 3,5mm Radius-T-Platte und der palmaren winkelstabilen 2,4/2,7 mm Platte, die Gegenstand früherer Nachuntersuchungsreihen an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios Klinikum Erfurt waren, bestand das Ziel zu klären, ob die 3,5 mm LCP in ähnlicher Weise geeignet ist, auch höhergradig instabile Frakturen sicher zu versorgen und eine frühfunktionelle Nachbehandlung auch beim osteoporotischen Knochen zu ermöglichen.

Vom 01.03.2001 bis 30.09.2003 wurden 636 Patienten aufgrund einer distalen Radiusfraktur an der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios-Klinikum Erfurt behandelt. Die Implantatwahl im klinischen Alltag war während des Studienzeitraumes nicht reglementiert. Die winkelstabile T-LCP 3,5 mm wurde im hier betrachteten Untersuchungszeitraum bei 75 Patienten mit einer distalen Radiusextensionsfraktur eingesetzt. 57 dieser 75 Patienten (76%) wurden hierzu klinisch und radiologisch nachuntersucht.

Nach der AO-Klassifikation fanden sich bei den 75 Patienten des hier untersuchten Kollektivs der 3,5 mm T-LCP 8 A2-Frakturen, 49 A3-Frakturen, 7 C1-Frakturen, 8 C2-Frakturen und 3 C3-Frakturen.

Zur Anwendung kamen funktionelle und radiologische Scoring-Systeme: Das funktionelle Ergebnis wurde nach Cooney und Bussey 1987 bewertet. Hier wurden bei der vorliegenden Untersuchung 33,3 % der Fälle mit „excellent“, 21,1 % der Fälle mit „gut“, 35,1% mit „ausreichend“ und 10,5% mit „unzureichend“ eingeschätzt.

Die radiologischen Ergebnisse der vorliegenden Studie wurden nach einem Scoring-System der AO-Arbeitsgruppe „Distaler Radius“ 1997 eingeschätzt. Hier zeigte sich in 73,7 % ein „gelungenes“ Ergebnis, 26,3 % wurden als

„tolerabel“ eingestuft, ein „unbefriedigendes“ radiologisches Ergebnis fand sich nicht.

Insbesondere war ein dorsoaxialer Korrekturverlust bei höhergradigen Instabilitäten durch das winkelstabile Implantat nicht mehr nachweisbar. Der radioulnare Index war durchschnittlich um 0,72 mm verkürzt, der radioulnare Neigungswinkel war durchschnittlich um 0,49°, der dorsopalmare Neigungswinkel um 2,67° vermindert.

Der DASH-Score betrug im Mittel 18,83.

Die Einschätzung der Zufriedenheit der Patienten mit der Behandlung mittels der Visuellen Analogskala zeigte einen Mittelwert von 1,4.

Die Komplikationsrate lag bei 12,3%. Es zeigten sich 3 Rupturen der Sehne des M. extensor pollicis longus, bei 2 Patienten lag eine Instabilität im distalen Radioulnargelenk vor, jeweils ein Patient wies ein postoperatives Karpaltunnelsyndrom und eine Fraktur am proximalen Plattenende auf. Wundinfektionen und eine sympathische Reflexdystrophie liessen sich bei keinem Patienten nachweisen.

Eine Entfernung des Osteosynthesematerials stellte nur noch eine individuelle Entscheidung dar und erfolgte nur bei 6 Patienten.

Im Vergleich der Ergebnisse der Patientenkollektive der 3,5 mm T-LCP mit denen der 2,4/2,7 mm-Platte und der konventionellen 3,5 mm T-Platte der Studie von Uzdil [Uzdil et al. 2001] zeigten sich eine gleiche Alters- und Geschlechtsverteilung aller 3 Kollektive. Der prozentuale Anteil der Frakturen mit komplexer intraartikulärer Schädigung lag bei der Nachuntersuchungsgruppe der 2,4/2,7 mm Platte am höchsten.

Der statistische Vergleich der Ergebnisse der Patientenkollektive der 3,5 mm T-LCP, der 2,4/2,7 mm-Platte und der konventionellen 3,5 mm T-Platte mit dem Duncan-Test und dem T-Test zeigte für die Gruppe der 3,5 mm T-LCP signifikant bessere radiologische Ergebnisse als die Gruppe der konventionellen T-Platte ( $p < 0,001$ ).

Nach dem radiologischen Score waren die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung mit den in der Studie von Uzdil [Uzdil et al. 2001] erzielten Resultaten der 2,4/2,7 mm-Platte vergleichbar ( $p=0,49$ ).

Die Auswertung der funktionellen Resultate zeigten hingegen keine signifikanten Unterschiede der Ergebnisse der Gruppe der 3,5 mm T-LCP im Vergleich mit der konventionellen T-Platte ( $p=0,796$ ). Die funktionellen Ergebnisse der Gruppe der 2,4 /2,7 mm-Platte waren signifikant besser als die der beiden anderen Gruppen ( $p<0,0001$ ).



## 9. Literaturverzeichnis

1. Aro HT, Koivunen T. 1991. Minor axial shortening of the radius affects outcome of Colles' fracture treatment. J Hand Surgery ,16-A: 392-398.
2. Bade H, Lobeck F. 1991. Gelenkflächenverhalten der Articulatio radioulnaris distalis bei fehlgestelltem distalen Radius. Unfallchirurgie, 17: 213-217.
3. Basten K, Hansen M, Rommens PM. 1999. Die operative Behandlung der distalen Radiusfraktur durch T-Plattenosteosynthese. Akt Traumatol, 29: 137-143.
4. Bell, JS, Wollstein R, Citron ND. 1998. Rupture of pollicis longus tendon: a complication of volar plating of the distal radius. J Bone Joint Surg Br, Mar 80(2): 225-226.
5. Bertolini R, Leutert G, Rother P, Scheuner G, Wendler D. 1986. Systematische Anatomie des Menschen. Dritte Aufl. Berlin: Verlag Volk und Gesundheit, 59.
6. Böhler L. 1953. Die Technik der Knochenbruchbehandlung. 12.-13. Aufl. Wien: Maudrich.
7. Catalano LW, Cole RJ, Gellermann RH, Evanoff BA, Gilula LA, Borelli J. 1997. Displaced intraarticular fractures of the distal aspect of the radius. J Bone Joint Surg, 79-A: 1290.
8. Charnley J. 1968. Die konservative Therapie der Extremitätenfrakturen. Berlin. Heidelberg, New York: Springer Verlag.
9. Colles A. 1814. On the fracture of the carpal extremity of radius. Edinburgh Med Surg J, 10: 182-186.
10. Cooney WP, Bussey R, Dobyns JH, Linscheid RL. 1987. Difficult wrist fractures. Clin Orthop, 214: 136-147.
11. Cuenca J, Martinez AA, Herrera A, Domingo J. 2003. The incidence of distal forearm fractures in Zaragoza (Spain). Chir Main, 22(4): 211-215.
12. Dumont C, Fuchs M, Folwaczny EK, Heuermann C, Stürmer KM. 2003. Ergebnisse der palmaren Plattenosteosynthese bei instabilen distalen Radiusfrakturen. Chirurg, Sep 74(9): 827-33.

13. Felderhoff J, Wiemer P, Drosella J, Weber U. 1999. Operative Versorgung der distalen, instabilen Radiusfraktur mit der dorsalen/palmaren Abstützplatte. *Orthopäde*, 28: 853-863.
14. Fernandez DL. 1993. Fractures of the distal radius: operative treatment. *Instr. Course Lect* , 42: 73-88.
15. Fernandez DL, Jupiter JB. 1995. Fractures of the distal radius. A practical approach to management. New York: Springer Verlag.
16. Fernandez DL. 2000. Should anatomic reduction be pursued in distal radius fractures? *J Hand Surg [Br]*, Dec 25(6): 523-527.
17. Fitoussi F, Chow SP. 1997. Treatment of displaced intra-articular fractures of the distal end of the radius with plates. *J Bone Joint Surg [Br]*, 9: 1303-1312.
18. Förstner H. 1987. Das distale Radio-Ulnargelenk (DRU). Morphologische Überlegung und chirurgisch-orthopädische Konsequenzen. *Unfallchirurgie*, 90: 512-517.
19. Frykman GK. 1967. Fracture of the distal radius including sequelae – shoulder hand finger syndrome. Disturbance in the distal radioulnar joint and impairment of nerve function. A clinical and experimental study. *Acta Orthop Scand Suppl*, 108.
20. Gartland JJ, Werley CW. 1951. Evaluation of healed colles fractures. *J Bone Joint Surg*, 33-A: 895-907.
21. Germann G, Wind G, Harth A. 1999. Der DASH-Fragebogen – Ein neues Instrument zur Beurteilung von Behandlungsergebnissen an der oberen Extremität. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, 31: 149-152.
22. Green PD, O'Brien ET. 1978. Open reduction of carpal dislocations: Indications and operative techniques. *J Hand Surg*, 3: 250-265.
23. Handoll HH, Madhok R. 2003. Conservative interventions for treating distal radius fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, (2): CD000314.
24. Handoll, HH, Madhok R. 2003. Surgical interventions for treating distal radius fractures in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, (3): CD003209.
25. Heim U, Pfeiffer KM. 1988. Periphere Osteosynthesen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag.

26. Heidemann J, Gausepohl T, Pennig D. 2002. Einengung des dritten Strecksehnenfaches bei gering dislozierter distaler Radiusfraktur mit Gefahr einer Extensor pollicis longus – Sehnenruptur. *Handchir Mikrochir Plast Chir*, Sep 34(5): 324-327.
27. Isani A, Melone CP. 1998. Classification and Management of intra-articular fractures of the distal radius. *Hand Clin*, 4: 349-360.
28. Kamano M, Honda Y, Kazuki K, Yasuda M. 2002. Palmar plating for dorsally displaced fractures of the distal radius. *Clin Orthop*, Apr(397): 403-408.
29. Kapandjii A. 1976. L'osteosynthèse par double embrochade intra-focal. *Ann Chir*, 30 (11-12): 903-908.
30. Kihara H, Short W, Werner F, Fortino M, Palmer AK. 1995. The stabilizing mechanism of the distal radioulnar joint during pronation and supination. *J Hand Surg*, 20-A: 930.
31. Knirk JL, Jupiter JB. 1986. Intraarticular fractures of the distal end of the radius in young adults. *J Bone Joint Surg [Am]*, 68: 647-659.
32. Krimmer H, Pessenlehner C, Hasselbacher K, Meir M, Roth F, Meier R. 2004. Palmare winkelstabile Plattenosteosynthese der instabilen distalen Radiusfraktur. *Unfallchirurg*, Jun 107(6): 460-467.
33. Krishnan J. 2002. Distal radius fractures in adults. *Orthopedics*, Feb 25(2): 175-179.
34. Lambotte A. 1913. *Chirurgie opératoire des fractures*. Paris. Masson.
35. Lee HC, Wong YS, Chan BK, Low CO. 2003. Fixation of distal radius fractures using the AO titanium volar distal radius plate. *Hand Surg*, Jul 8(1): 7-15.
36. Leung F, Zhu L, Ho H, Lu WW, Chow SP. 2003. Palmar plate fixation of AO type C2 fracture of distal radius using a locking compression plate – a biomechanical study in a cadaveric model. *J Hand Surg [Br]*, Jun 28(3): 263-266.
37. Lowry KJ, Gainor BJ, Hoskins JS. 2000. Extensor tendon rupture secondary to the AO/ASIF titanium distal radius plate without associated plate failure: a case report. *Am J Orthop*, Oct 29(10): 789-791.
38. May MM, Lawton JN, Blazar PE. 2002. Ulnar styloid fractures associated with distal radius fractures: incidence and implications for distal radioulnar joint instability. *J Hand Surg [Am]*, Nov 27(6): 965-971

39. Melone, CP. 1984. Open treatment for displaced articular fractures of the distal radius. Clin Orthop, 202: 203-211.
40. Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H. 1992. Manual der Osteosynthese. 3. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
41. Müller ME, Nazarian S. 1987. AO-Klassifikation der Frakturen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
42. Nunley JA, Rowan PR. 1999. Delayed Rupture of the flexor pollicis longus tendon after inappropriate placement of the pi-plate on the volar surface of the distal radius. J Hand Surg [Am], Nov 24(6): 1279-1280.
43. O'Neill TW, Cooper C, Finn JD, Lunt M, Purdie D, Reid DM, Rowe R, Woolf AD, Wallace WA. 2001. Incidence of distal forearm fracture in British men and women. Osteoporos Int, 12(7): 555-558.
44. Oestern HJ. 1999. Distale Radiusfrakturen. Chirurg 10: 1180-1192.
45. Orbay JL, Fernandez DL. 2004. Volar fixed-angle plate fixation for unstable distal radius fractures in the elderly patient. J Hand Surg [Am], Jan 29(1): 96-102.
46. Pechlaner S, Kathrein A, Gabl M, Lutz M, Angermann P, Zimmermann R, Peer R, Peer S, Rieger M, Freund M, Rudisch A. 2002. Distale Radiusfrakturen und Begleitverletzungen - Experimentelle Untersuchungen zum Pathomechanismus. Handchir Mikrochir Plast Chir, 34: 150-157.
47. Petračić B, Balk R, Faensen M, Hagemann M, Hermichen HG, Hierholzer G, Mommsen U, Müller M, Otto W, Reuter M, Rudolph H, Seiler H, Siebert H, Towfigh H, Welz K, Witte T, Zilch H. 1998. Indikation zur Behandlung der distalen Radiusfraktur bei Erwachsenen und Beurteilung des primären Behandlungsergebnisses. Trauma Berufskrankh, 1: 33-39.
48. Povacz F. 2000. Geschichte der Unfallchirurgie. Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur, Tokio: Springer Verlag, 17.
49. Prommersberger KJ, Lanz, U. 1999. Biomechanik der fehlverheilten distalen Radiusfraktur. Handchir Mikrochir Plast Chir, 31: 221-226.
50. Rappold G, Leixnering M, Pezzei C. 2001. Diagnostik und Therapie karpaler Begleitverletzungen bei distalen Radiusfrakturen. Handchir Mikrochir Plast Chir, 33: 221-228.

51. Rikli D, Regazzoni P, Babst R. 2003. Management komplexer Radiusfrakturen. Zentralbl Chir, 128: 1008-1013.
52. Rikli D, Regazzoni P. 1996. Fractures of the distal end of the radius treated by internal fixation and early function. J Bone Joint Surg [Br], 78-B: 588-592.
53. Rikli D, Regazzoni P. 1999. Distale Radiusfrakturen. Schweiz Med Wochenschr, 129: 776-785.
54. Rikli D, Babst R. 2003. New Principles in the surgical treatment of distal radius fractures - locking implants. Ther Umsch, Dec 60 (12): 745-750.
55. Ring D, Prommersberger K, Jupiter JB. 2002. Combined dorsal and volar plate fixation of complex fractures of the distal part of the radius. J Bone Joint Surg [Am], Aug 86-A(8): 1646-1652.
56. Ruch DS, Weiland AJ, Wolfe SW, Geissler WB, Cohen MS, Jupiter JB. 2004. Current concepts in the treatment of distal radius fractures. Instr Course Lect, 53: 389-401.
57. Sakhaei M, Groenewold U, Klönz A, Reilmann H. 2003. Ergebnisse nach palmarer Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-Platte bei 100 distalen Radiusfrakturen. Unfallchirurg 106: 272-280.
58. Schädel-Höpfner M, Böhringer G, Junge A, Celik I, Gotzen L. 2001. Arthroskopisch gesicherte Begleitverletzungen des scapholunären Bandapparates bei distalen Radiusfrakturen. Handchir Mikrochir Plast Chir, 33: 229-233.
59. Schmidt S, Heinz T, David A. 2003. Häufigkeit, Entstehung und Klassifikation der distalen Radiusfraktur. OP-Journal, 19: 10-15.
60. Schmidt J, Petereit U, Winker KH. 1997. Die volare Plattenosteosynthese als Zuggurtungsprinzip bei der Extensionsfraktur des distalen Radius. Akt Traumatol, 27: 23-25.
61. Schütz M, Kolbeck S, Spranger A, Arndt-Kolbeck M, Haas NP. 2003. Die winkelstabile palmare Plattenosteosynthese bei der dorsal dislozierten distalen Radiusfraktur – Anwendung und erste klinische Erfahrungen. Zentralblatt Chir, Dez 128 (12): 997-1002.
62. Scott J, Huskinson EC. 1976. Graphic representation of pain. The Pain, 2: 175-184.
63. Siebert HR. 1997. Distale Radiusfrakturen an typischer Stelle, Behandlungsverfahren. Akt Traumatol, 27: 7-15.

64. Siebert HR. 2003. Plattenosteosynthese von dorsal. OP-Journal, 19: 34-40.
65. Smith DW, Brou KE, Henry MH. 2004. Early active rehabilitation for operatively stabilized distal radius fractures. J Hand Ther, Jan-Mar 17(1): 43-49.
66. Sommer C, Brendebach L, Meier R, Leutenegger A. 2001. Distale Radiusfrakturen – Retrospektive Qualitätskontrolle nach konservativer und operativer Therapie. Swiss Surg, 7(2): 68-75.
67. Tang JB, Ryu J, Omokawa S, Han J, Kish V. 1999. Biomechanical evaluation of wrist motor tendons after fractures of the distal radius. J Hand Surg [Am], Jan 24(1): 121-132.
68. Thielke KH, Wagner T, Bartsch S, Echtermeyer V. 2003. Winkelstabile, volare Plattenosteosynthese komplexer artikulärer Frakturen am distalen Radius: Lösung einer Problemfraktur? Chirurg, Nov 74(11): 1057-1063.
69. Thompson PW, Taylor J, Dawson A. 2004. The annual incidence and seasonal variation of fractures of the distal radius in men and women over 25 years in Dorset, UK. Injury, 35: 462-466.
70. Trumble TE, Schmitt SR, Vedder NB. 1994. Factors affecting functional outcome of displaced intraarticular distal radius fractures. J Hand Surg, 19-A: 325-340.
71. Uzdil T, Neumann W, Bauschke A, Winker KH. 2001. Die palmare winkelstabile Plattenosteosynthese bei distalen Radiusextensionsfrakturen. Akt Traumatol, 31: 141-148.
72. van Schoonhoven J, Prommersberger KJ, Lanz U. 1999. Die Bedeutung des distalen Radioulnargelenks bei rekonstruktiven Eingriffen nach fehlverheilten körperfernen Speichenbrüchen. Orthopäde, 28: 864-871.
73. Wada A, Ihara F, Senba H, Nomura S. 1999. Attritional flexor tendon ruptures due to distal radius fracture and associated with volar displacement of the distal ulna: a case report. J Hand Surg [Am], May 24(3): 534-537.
74. Westphal T, Piatek S, Schubert S, Schuschke T, Winckler S. 2002. Reliabilität und Validität des Fragebogens „Upper- Limb-DASH“ bei Patienten mit distalen Radiusfrakturen. Z Orthop Ihre Grenzgeb, Jul-Aug 140(4): 447-451.
75. Wiemer P. 1999. Frakturen am distalen Radius - Wandel der therapeutischen Strategien Orthopäde, 28: 846-852.

76. Winker KH. 2005. Winkelstabile Plattensysteme am distalen Radius: Lösungsmöglichkeiten und Probleme. Akt Traumatol, 35: 151-154.
77. Wittemann M, Jung A, Hornung R, Germann G. 1994. Die sog. „kleine Handverletzung“ und ihre sozioökonomischen Folgen. Chirurg, 65: 1004-1007.
78. Witzel K, Raschka C, Schiffhauer S, Koch HJ. 2001. Zur Epidemiologie und Chronoepidemiologie distaler Radiusfrakturen. Z Orthop Ihre Grenzgeb, Mai-Jun 139(3): 252-255.
79. Zimmermann, P. 1998. Distale, metaphysäre Kompressionsfrakturen des Radius - Ergebnisse nach offener Reposition, stabiler Defektauffüllung mit einem kortikospongiösen Beckenspan und Plattenosteosynthese. Der Unfallchirurg, 101: 762-768.

## **10. Quellenverzeichnis**

Abb. 1: Schmidt HM, Lanz U. 1992. Chirurgische Anatomie der Hand. Zweite Aufl. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 62.

Abb. 2: Schmidt HM, Lanz U. 1992. Chirurgische Anatomie der Hand. Zweite Aufl. Stuttgart: Hippokrates Verlag, 55.

Abb. 12: Siebert HR. 2003. Plattenosteosynthese von dorsal. OP-Journal, 19: 37.



## **11. Anhang**

## Untersuchungsbogen

**Name**  
**Vorname**

**Geburtsdatum**  
**Tag der Nachuntersuchung**

Unfalltag  
Fraktur-Typ  
Dauer stat. Behandlung  
Dauer Gesamtbehandlung  
ME  
Letzte Rö.-Aufnahme  
Rechts/Linkshänder

rechts / links  
OP-Datum  
  
Abschluss  
  
wo / wer ?

### Subjektive Bewertungskriterien Scoring nach Cooney und Bussey 1987

#### Schmerzen

Keine  
Leicht, gelegentlich  
mäßig, tolerabel  
stark, intolerabel

#### Tätigkeit

Frühere Tätigkeit wieder ausgeübt  
frühere Tätigkeit eingeschränkt möglich  
arbeitsfähig, aber arbeitslos  
arbeitsunfähig und arbeitslos

#### **Beweglichkeit**

Dorsalext. / Palmarflex.  
Radialabd. / Ulnarabd.  
Pronation / Supination

**rechts**

**links**

Faustschluss  
Streckfähigkeit

#### *Kraft*

rechts

links

Umfang Unterarm (-15cm Epikondylus rad.)  
Umfang Handgelenk  
Umfang Mittelhand

rechts  
rechts  
rechts

links  
links  
links

#### *Sensibilitätsstörungen*

*Auffälligkeiten* (z.B. Narbenkontraktur)

### Bewertung des Röntgenergebnis nach AO-Scoring 12/97

Radio-ulnarer Index (A-P-Strahlengang)  
Radio-ulnarer Neigungswinkel  
Dorso-palmarer Neigungswinkel  
Gelenkfläche: Diastase / Stufenbildung  
Sprengung des Radio-Ulnargelenkes  
Handwurzelverletzung  
Proc. Styloideus

## DASH-Fragebogen

Name, Vorname

Der vorliegende Fragebogen beschäftigt sich sowohl mit Ihren Symptomen als auch ihren Fähigkeiten, bestimmte Tätigkeiten/Aktivitäten auszuführen.

Bitte beantworten Sie alle Fragen gemäss Ihrem Zustand in der letzten Woche, indem Sie einfach die entsprechende Zahl einkreisen.

Es ist nicht entscheidend, mit welchem Arm oder welcher Hand Sie ihre Tätigkeiten/Aktivitäten ausüben. Antworten Sie einfach entsprechend Ihren Fähigkeiten, egal, wie Sie die Aufgaben meistern können.

### Teil A

Bitte schätzen Sie Ihre Fähigkeiten ein, folgende Tätigkeiten/Aktivitäten in der letzten Woche ausführen zu können, indem Sie die entsprechende Zahl einkreisen.

		Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1.	Ein Marmeladen-, Einmach-, Honigglas öffnen	1	2	3	4	5
2.	Schreiben	1	2	3	4	5
3.	Schlüssel umdrehen	1	2	3	4	5
4.	Eine Mahlzeit zubereiten	1	2	3	4	5
5.	Eine schwere Tür aufstossen	1	2	3	4	5
6.	Etwas auf ein Regal über Kopfhöhe stellen	1	2	3	4	5
7.	Schwere Hausarbeit (Boden putzen, Wände abwaschen)	1	2	3	4	5
8.	Garten- oder Hofarbeit	1	2	3	4	5
9.	Betten machen	1	2	3	4	5
10.	Eine Einkaufstüte oder Aktenkoffer tragen	1	2	3	4	5
11.	Schwere Gegenstände tragen (über 10 kg)	1	2	3	4	5
12.	Eine Glühbirne über Kopf auswechseln	1	2	3	4	5
13.	Haare waschen oder föhnen	1	2	3	4	5
14.	Den Rücken waschen	1	2	3	4	5
15.	Einen Pullover anziehen	1	2	3	4	5
16.	Ein Messer benutzen, um Lebensmittel zu schneiden	1	2	3	4	5

17.	Freizeitaktivitäten, die wenig körperliche Anstrengung verlangen (z.B. Karten spielen, Stricken usw.)	1	2	3	4	5
18.	Freizeitaktivitäten, bei denen Sie Ihren Arm mit mehr oder weniger Anstrengung benutzen, wie z.B.: Tennis, Heimwerken, Golf usw.	1	2	3	4	5
19.	Freizeitaktivitäten, bei denen Sie ihren Arm frei bewegen (Badminton, Frisbee, Squash)	1	2	3	4	5
20.	Am Strassenverkehr teilnehmen oder öffentliche Verkehrsmittel benutzen, um von einem Platz zum andern zu gelangen	1	2	3	4	5
21.	Sexuelle Aktivität	1	2	3	4	5
22.	In welchem Ausmass haben Ihre Schulter, Arm- oder Handprobleme Ihren normalen sozialen Kontakt zu Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen während der letzten Woche beeinflusst?					
		Überhaupt nicht	Kaum	Merklich	Deutlich	Extrem
		1	2	3	4	5
23.	Waren Sie in der vergangenen Woche durch Ihre Schulter-, Arm- oder Handprobleme in Ihrer Arbeit oder anderen täglichen Aktivitäten eingeschränkt?					
		Überhaupt nicht	Kaum eingeschränkt	Merklich eingeschränkt	Deutlich eingeschränkt	Extrem eingeschränkt
		1	2	3	4	5

## Teil B

Bitte schätzen Sie die Schwere der folgenden Symptome während der letzten Woche ein (Bitte kreisen Sie die entsprechende Zahl ein.)

		Keine	Wenig	Mittel	Erheblich	Extrem
24.	Schmerzen in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
25.	Schmerzen in Schulter, Arm, Hand, nachdem Sie eine bestimmte Tätigkeit ausgeführt haben	1	2	3	4	5
26.	Kribbeln (Nadelstiche) in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
27.	Schwächegefühl in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5

28.	Steifheit in Schulter, Arm, Hand	1	2	3	4	5
29.	Hatten Sie in der letzten Woche Schlafstörungen wegen der Schmerzen in Schulter, Arm oder Hand?					
		Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten	Erhebliche Schwierigkeiten	So viele Schwierigkeiten, dass ich nicht schlafen konnte
		1	2	3	4	5
30.	Durch meine Probleme in Schulter, Arm oder Hand fühle ich mich weniger fähig, mein Selbstvertrauen ist eingeschränkt, und ich kann mich weniger nützlich machen.					
		Stimme überhaupt nicht zu	Stimme nicht zu	Weder Zustimmung noch Ablehnung. Weiss nicht	Stimme zu	Stimme sehr zu
		1	2	3	4	5

## Teil C

Die folgenden Fragen beziehen sich auf den Einfluss, den Ihr Schulter-, Arm- oder Handproblem auf das Spielen Ihres Musikinstruments oder das Ausüben Ihres Sports hatte.

Wenn Sie mehr als ein Instrument spielen oder mehr als eine Sportart ausüben, so geben Sie bitte an, welches Instrument oder welche Sportart für Sie am wichtigsten ist: Bitte kreisen Sie die Zahl ein, die Ihre körperlichen Fähigkeiten in der letzten Woche am besten beschreibt.

Hatten Sie irgendwelche Schwierigkeiten:

		Keine Schwierigkeiten	Wenig Schwierigkeiten	Merkliche Schwierigkeiten, aber machbar	Erhebliche Schwierigkeiten	Nicht möglich
1.	In der üblichen Art und Weise, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
2.	Wegen der Schmerzen in Schulter/Arm/Hand Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
3.	So gut, wie Sie es gewohnt waren, Ihr Musikinstrument zu spielen oder Sport zu treiben?	1	2	3	4	5
4.	Ihre gewohnte Zeit mit dem Spielen Ihres Musikinstruments oder mit Sporttreiben zu verbringen?	1	2	3	4	5

## **Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass

mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich- Schiller- Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben:

Herr Prof. Dr. med. K. H. Winker, Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios-Klinikum Erfurt

Herr Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. G. O. Hofmann, Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Klinikum der Friedrich - Schiller - Universität Jena,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und dass Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

dass ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

dass ich gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Kyritz, 08.02.2006

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. K. H. Winker, Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Helios-Klinikum Erfurt, der mich jederzeit bei der Fertigstellung der Arbeit in hohem Maße unterstützt und beraten hat.

Ich danke hiermit auch Herrn Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. G. O. Hofmann, Direktor der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie am Klinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena, für die Vergabe des Themas.

## **Lebenslauf**

## **Pabst, Torsten**

geb. am 02.03.1968 in Sonneberg

1974 - 1984	Polytechnische Oberschule in Dörfelfeld / Ilm
1984 - 1986	Erweiterte Oberschule „Goetheschule“ in Ilmenau
1986 - 1987	Vorpraktikum Kreiskrankenhaus Ilmenau
1987 – 1993	Studium der Humanmedizin an der Universität Leipzig und der Medizinischen Hochschule Erfurt
10/1993-03/1995	Arzt im Praktikum an der Chirurgischen Abteilung des Kreiskrankenhauses Ilmenau
04/1995-04/1996	Assistenzarzt als Zivildienstleistender an der Klinik für Allgemeine Chirurgie am Klinikum Erfurt
06/1996	Assistenzarzt in der Chirurgische Abteilung der Klinik am Reinhardtsberg in Waltershausen
08/1996-08/2001	Assistenzarzt in der Klinik für Allgemeine Chirurgie und der Klinik für Unfall-, Hand- und Wieder- herstellungschirurgie am Klinikum Erfurt
22.08. 2001	Facharztprüfung Chirurgie
08/2001-08/2004	Weiterbildung im Teilgebiet Unfallchirurgie in der Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungs- chirurgie am Helios-Klinikum Erfurt
29. 07. 2004	Teilgebietsprüfung Unfallchirurgie
seit 10/2004	Weiterbildung Handchirurgie am KMG-Klinikum Kyritz / Brandenburg

Kyritz, 08.02.2006



## Thesen zur Dissertation

### **Versorgung von Extensionsfrakturen am distalen Radius mit der winkelstabilen Locking Compression Platte®**

1. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, die Möglichkeiten und Grenzen eines neuen winkelstabilen Implantates (T-LCP 3,5mm, Fa. Synthes®) zur Versorgung der distalen Radiusextensionsfraktur bei der palmaren Plattenosteosynthese zu überprüfen. Die Ergebnisse der Behandlung wurden anhand funktioneller Scoring-Systeme und eines radiologischen Scores überprüft.
2. Die T-LCP 3,5 mm reiht sich in eine Vielzahl winkelstabiler Implantate zur palmaren winkelstabilen Plattenosteosynthese am distalen Radius ein.
3. Die bevorzugte Indikation zum Einsatz der T-LCP 3,5 mm sind extraartikuläre distale Radiusfrakturen mit ausreichend grossem distalen Fragment.
4. Zur Versorgung der komplexen intraartikulären Gelenkschädigungen oder bei sehr schmalen distalen Fragmenten ist ein grazileres Plattendesign von Vorteil.
5. Die T-LCP 3,5 mm kann für die Versorgung komplexer intraartikulärer Frakturen nicht empfohlen werden.
6. Die Behandlung der instabilen Extensionsfraktur des distalen Radius mittels winkelstabiler Plattenosteosynthese über einen palmaren Zugang ist eine sichere, praktikable und komplikationsarme Therapieoption.
7. Durch die Verwendung der winkelstabilen Implantate und der Nutzung der subchondralen Schicht des distalen Fragmentes zur Verankerung der winkelstabilen Schrauben ist eine sichere Retention der Fraktur auch beim osteoporotischen Knochen möglich. Ein Korrekturverlust ist sehr selten zu beobachten.
8. Der Einsatz von Knochenersatzstoffen oder die autologe Spongiosaplastik sind nur in Ausnahmefällen erforderlich.
9. Die sichere Retention der Fraktur ermöglicht eine frühfunktionelle Nachbehandlung. Die gefürchtete Komplikation der sympathischen Reflexdystrophie kann damit weitgehend ausgeschlossen werden.

10. Dies spiegelt sich in der mittels VAS erfassten Patientenzufriedenheit mit der Behandlung der distalen Radiusfraktur durch die palmare Plattenosteosynthese mit der winkelstabilen T-LCP 3,5 mm wider.
11. Eine Entfernung des Osteosynthesematerials ist nur in Einzelfällen indiziert.